

Análisis y estudio de los sistemas a bordo de un velero con aparejo queche de 18 metros de eslora

Trabajo Final de Grado



Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Trabajo realizado por:
Guillem Cuspinera Matabosch

Dirigido por:
Jordi Torralbo Gavilán

Grado en Ingeniería en Sistemas y Tecnología Naval
(GESTN)

Barcelona, 27 de Febrero del 2018

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náuticas



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Facultat de Nàutica de Barcelona

Agradecimientos

Primero quiero dar las gracias a Jordi Torralbo, tanto por ayudarme a encontrar el Buddha's y permitirme seguir aprendiendo de forma práctica, como por todo su soporte, consejo y disponibilidad siempre que lo necesité. Así mismo, muchas gracias también a Luís Miranda, patrón del Buddha's , por su voto de confianza, por dejarme formar parte de la embarcación y por dar respuesta a muchas de mis dudas recién salido de la universidad.

A los mecánicos, electricistas y profesionales: Raül N., Max R., Jordi S. y Marc R. Muchas gracias por vuestra disponibilidad tanto dentro de vuestro horario laboral como en vuestro tiempo libre, así como el trato cercano y amigable que os caracteriza. Me habéis dado una oportunidad muy grande de poder matar muchas de las curiosidades que tenía sobre los sistemas.

Finalmente, a mis padres y hermano y todos los familiares y amigos que me habéis apoyado, primero durante los 4 años del grado, y sobretodo durante estos dos últimos años del proyecto final de grado de forma incondicional

A todos vosotros, mis más sinceras gracias.

Resumen

El objeto de este trabajo es presentar y profundizar en los sistemas de las embarcaciones de recreo, o en otras palabras, de todas las embarcaciones de hasta 24 metros de eslora, mediante la separación de cada sistema en 3 apartados: teórico, normativo y práctico con el ejemplo de un velero queche de 18 metros y casco de acero.

En todos los sistemas el primer apartado es el teórico. En este apartado se tratan aspectos tales como: definición del sistema, función, componentes y sus variedades dentro del mercado. La función de esta parte teórica, es principalmente, permitir al lector conocer el marco y aspectos a tener en cuenta cuando se trata un sistema. Todo este conocimiento e introducción teórica permite que los siguientes apartados sean de más fácil comprensión para el lector al estar ya familiarizado con el sistema correspondiente. Todo el contenido de la parte teórica ha sido redactado gracias al conocimiento adquirido tanto en internet y blogs de gente con muchas horas de navegación y proveedores, como las aportaciones realizadas por profesionales del sector tanto amigos como compañeros de trabajo del autor, así como gracias a la experiencia y conocimiento adquirido al formar parte de la oficina técnica de un astillero cerca de Barcelona.

El segundo bloque en cada tema es la parte normativa. En este apartado se resumen los puntos de mayor importancia de las normativas ISO que afectan a las embarcaciones de recreo. Este punto complementado con el primer apartado da los conocimientos necesarios para poder seguir y entrar en el 3r apartado.

El último apartado es donde se presenta un caso práctico. Se pudo tener acceso a un velero queche de 18 metros de eslora donde se estaban realizando trabajos de refit, y del cual se incluyen las características, así como imágenes de los componentes y equipos. Este apartado incluye también consideraciones que se tomaron para la instalación y configuración de los sistemas.

En resumen, un trabajo con el que poder aprender y conocer de forma muy transversal, los sistemas y sus características a bordo de las embarcaciones de recreo.

Tabla de contenidos

Agradecimientos.....	iii
Resumen	v
Tabla de contenidos.....	vii
Listado de figuras.....	ix
Listado de tablas.....	xiii
Introducción	1
1 Sistemas a bordo.....	3
1.1 Sistema de escape	3
1.1.1 Escape seco	3
1.1.2 Escape húmedo.....	4
1.1.3 Componentes del sistema. Escape húmedo	4
1.1.4 Normativa aplicable	10
1.1.5 BUDDHA'S BOAT: Sistema de escape	12
1.2 Sistema de combustible	14
1.2.1 Componentes del sistema	15
1.2.2 Normativa aplicable	24
1.2.3 BUDDHA'S BOAT: Sistema de combustible	34
1.3 Sistema de agua salada	35
1.3.1 Sistema sanitario.....	35
1.3.2 Sistema de refrigeración	36
1.3.3 Componentes del sistema	36
1.3.4 Normativa aplicable	41
1.3.5 BUDDHA'S BOAT: Sistema de agua salada	42
1.4 Sistema de agua potable	43
1.4.1 Componentes del sistema	46
1.4.2 Normativa Aplicable	50
1.4.3 BUDDHA'S BOAT: Sistema de agua potable	50
1.5 Sistema de aguas negras y grises.....	55
1.5.1 Componentes del sistema	56
1.5.2 Convenio MARPOL: Descarga y tratamiento de aguas residuales	60
1.5.3 Normativa aplicable	63
1.5.4 BUDDHA'S BOAT: Sistema de aguas negras y grises	67

1.6 Sistema de achique y contraincendios	70
1.6.1 Componentes del sistema	71
1.6.2 Normativa aplicable.....	73
1.6.3 BUDDHA'S BOAT: Sistema de achique y contraincendios.....	77
1.7 Sistema hidráulico	83
1.7.1 Componentes del sistema	84
1.7.2 Ejemplos de sistemas hidráulicos.....	90
1.7.3 Normativa aplicable.....	94
1.7.4 BUDDHA'S BOAT: Sistema hidráulico	96
1.8 Sistema eléctrico	101
1.8.1 Balance eléctrico	102
1.8.2 Sistema eléctrico 12/24 V.....	103
1.8.3 Sistema eléctrico 220 V	115
1.8.4 Sistema eléctrico completo	121
1.8.5 Normativa aplicable.....	123
1.8.6 BUDDHA'S BOAT: Sistema eléctrico	143
Conclusiones	146
Bibliografia	148
Anexo A BUDDHA'S BOAT: Planos de los sistemas	151
A.1 Planos: Sistema de escape	153
A.2 Planos: Sistema de combustible.....	155
A.3 Planos: Sistema de agua salada.....	157
A.4 Planos: Sistema de agua potable	159
A.5 Planos: Sistema de aguas negras y grises	161
A.6 Planos: Sistema de achique y contraincendios	163
A.7 Planos: Sistema hidráulico	165
Anexo B BUDDHA'S BOAT: Características	167
B.1 Datos y características.....	169

Listado de figuras

Figura 1.1 (Izquierda) Sistema de escape con el punto C mínimo 15 cm por encima de la línea de flotación. (Derecha) Sistema de escape con el punto C a menos de 15 cm o por debajo de la línea de flotación.....	5
Figura 1.2 Tipos de purgadores que hay en el mercado.....	6
Figura 1.3 Colector/silenciador tipo NLP3 con 3 cámaras	7
Figura 1.4 Silencioso VETUS tipo DEMPMP	8
Figura 1.5 Esquema básico del sistema de escape húmedo.....	9
Figura 1.6 Descarga por costado del sistema de escape del motor (tubo amarillo) y del generador (tubo verde). Puede observarse el cuello de cisne de ambos tubos para evitar la entrada de agua de mar en el sistema	12
Figura 1.7 (Izquierda) Sifón del motor principal. (Derecha) Sifón del generador auxiliar.....	13
Figura 2.1 Esquema básico de combustible con: Carga, Tanque, Sensor, Doble Filtro, Retorno y aspiración con filtro de oloress	14
Figura 2.2 Tanques simétricos no estructurales de aluminio. Podrán contener tanto gasolina como diésel	15
Figura 2.3 Manguera THOR I5C homologada para combustible	17
Figura 2.4 Manguera THOR I5T homologada para combustible	17
Figura 2.5 Manguera CARBOPOMP I5N homologada para combustible	18
Figura 2.6 Manguera SOUTHAMPTON I5N homologada para combustible y para el escape de gases.....	18
Figura 2.7 Sentido del combustible en un filtro de partículas.....	20
Figura 2.8 Sentido del combustible en un filtro-separador	21
Figura 2.9 Kit de doble filtro. Permite cambiar filtros sin tener que parar el funcionamiento de los motores	22
Figura 2.10 Marcado en una manguera NO combustible.....	25
Figura 3.1 Tomas de mar. Diseñadas para captar agua del costado o de debajo del casco	37
Figura 3.2 Dibujo de la correcta orientación de la entrada de un grifo de fondo	38
Figura 3.3 Filtro de agua saladas.....	39
Figura 3.4 Grupo de presión de bomba y tanque hidroforo para el sistema sanitario	40
Figura 3.5 Bomba de impeller acoplada mediante correa para la refrigeración del motor.....	40

Figura 4.1 Esquema completo de un sistema de agua potable.....	44
Figura 4.2 Desalinización del agua de mar. Esquema completo	47
Figura 4.3 Representación de ósmosis inversa.....	47
Figura 4.4 Grupo de bombas y tanques hidrófobos para el sistema de agua potable	52
Figura 4.5 Panel de distribución del sistema sanitario	53
Figura 4.6 Conexión del agua de refrigeración al calentador del sistema sanitario	54
Figura 5.1 Esquema sistema de aguas negras	56
Figura 5.2 Inodoro Marino 12/24 V	57
Figura 5.3 Entradas/Fuentes de un procesador compacto de aguas negras y grises	57
Figura 5.4 Procesador compacto de aguas negras y grises	58
Figura 5.5 Entradas de un procesador compacto de aguas grises	59
Figura 5.6 Procesador compacto de aguas grises.....	59
Figura 5.7 Medidas del dispositivo de descarga a cubierta.....	65
Figura 5.8 Símbolo de dispositivo de descarga en cubierta	66
Figura 5.9 Sistema de retención de aseos con bombeo a cubierta y descarga al mar	66
Figura 5.10 Sistema de retención con descarga únicamente a cubierta.....	67
Figura 6.1 Esquema de conexión para hacer funcionar una bomba eléctrica manual de forma automática mediante interruptor de flotador.....	71
Figura 6.2 Manguera con espiral metálica	72
Figura 6.3 Bomba eléctrica Rule Mate RM500A.....	78
Figura 6.4 Bomba manual Whale Mk5 Universal Pump.....	79
Figura 6.5 Bomba Eléctrica Johnson Pump L4000	79
Figura 6.6 Bomba mecánica instalada en cámara de máquinas	81
Figura 7.1 Diferenciación de zonas según tipo de energía	83
Figura 7.2 Ejemplo de bomba manual. Al eje se le acopla la rueda de timón	85
Figura 7.3 Ejemplo de electrobomba y doble sentido de giro	85
Figura 7.4 Ejemplo de bomba hidráulica	86
Figura 7.5 Bomba de engranajes	87
Figura 7.6 Visión 3D de una bomba de engranajes	87
Figura 7.7 Pistones y flujo del aceite	88

Figura 7.8 Características de las válvulas de control	89
Figura 7.9 Sistema hidráulico de: rueda de timón y pistón	90
Figura 7.10 Sistema hidráulico con electroválvula y bomba eléctrica	91
Figura 7.11 Sistema hidráulico de timón y hélice de proa con bombas acopladas.....	93
Figura 7.12 Esquema de dirección hidráulica en el Buddha's	96
Figura 7.13 Rueda de timón del Buddha's	97
Figura 7.14 Bloque direccional hidraulico.....	98
Figura 7.15 Actuación de los pistones en el yugo del timón	100
Figura 7.16 Bomba hidráulica eléctrica.....	101
Figura 8.1 Convertidor 24/12 V.....	104
Figura 8.2 Volvo Penta D13-1000 con alternador de 24 V	105
Figura 8.3 Ejemplo de velero con fuentes renovables: solar y eólica	107
Figura 8.4 Batería de arranque con valores CCA=800 A y MCA=1000 A	108
Figura 8.5 Batería de ciclo profundo 75 Ah con RC= 130 mine	109
Figura 8.6 Batería dual de CCA=550 A, MCA=675 A, 65 Ah y RC 120 min	109
Figura 8.7 Conexión en serie y paralelo de baterías y su resultado	112
Figura 8.8 Ejemplo de cuadro eléctrico de 12 o 24 V	114
Figura 8.9 Esquema de selección de toma de Puerto o generador	116
Figura 8.10 selector/conmutador para 220 V.....	116
Figura 8.11 Lombardini LMG4000 de 3.8 k.....	117
Figura 8.12 Dimensiones del Lombardini LMG4000	118
Figura 8.13 Ejemplo de cuadro de 220 V	120
Figura 8.14 Sistema eléctrico completo. Esquema general.....	122
Figura 8.15 Espacio libre alrededor de la batería	125
Figura 8.16 Ubicación de la protección sobreintensidad	128
Figura 8.17 Figura con las Señales de aviso sugeridas.....	131
Figura 8.18 Advertencia de choque eléctrico	135
Figura 8.19 Diagramas de sistemas de corriente alterna típicos.....	142
Figura 8.20 Generador a bordo del Buddha's boat	144

Figura 8.21 Alternador acoplado al motor	144
Figura 8.22 Polea para acoplar alternador al eje.....	145

Listado de tablas

Tabla 1.1 Funciones de los Componentes del sistema de escape	5
Tabla 1.2 Tabla 1, Ejemplos de pasacascos.....	11
Tabla 2.1 Materiales de los depósitos metálicos	31
Tabla 5.1 Zonas y condiciones para la descarga de aguas residuales	62
Tabla 6.1 Tabla 2 con los requisitos de tipo y número de bombas de sentinas.....	75
Tabla 6.2 Distribución y características de bombas en sentinas	77
Tabla 6.3 Disposición de bombas en salón	78
Tabla 6.4 Bombas en cámara de máquinas	80
Tabla 8.1 Tabla A.1-Reducción de los conductores en SSMM.....	126
Tabla 8.2 Tabla A.2-Área de la sección transversal de conductor, intensidad máxima admisible y número de hebras metálicas.....	126
Tabla 8.3 Tabla 1. Fuerza de tracción. Fuente: ISO 10133:2012	129

Introducción

Haber adquirido durante 4 años muchos conocimientos sobre los sistemas en embarcaciones de grandes esloras y ser habitante de un pueblo costero con unos de los puertos deportivos y pesqueros más importante de Catalunya, despertó mi sed a querer dar un paso adelante y seguir ganando más conocimiento, pero esta vez en uno de los sectores con más peso dentro de la industria naval tanto en Catalunya como España: las embarcaciones de recreo.

Bien fuera por remo, vela o simplemente para disfrutar del puerto, el mar y su entorno, mi vida siempre ha tenido una estrecha relación con el mar y el puerto. Un puerto con dos astilleros y un varadero. Todo sumado ha hecho que dentro de mí siempre haya la chispa de seguir conociendo y creciendo en todo aquello relacionado con los barcos y su industria.

En muchas de las veces que iba a pasear por el espigón del puerto para desconectar de la rutina me quedaba mirando las embarcaciones deportivas y pesqueras, y con más inquietud a medida que acababa los estudios de grado, y me preguntaba si ellas, lejos de las grandes esloras que había estado estudiando, me podrían ayudar a consolidar los conocimientos que adquirí o si me darían la oportunidad de seguir creciendo. Tenía ganas de conocer en primera persona todo aquello que había aprendido, 4 años de conocimiento que quería poder tocar con mis manos.

Finalmente, lo conseguí. Tuve acceso a un velero queche de acero, el Buddha's boat, donde se empezaban los trabajos de un largo y profundo refit que dejaría a la embarcación con solo el caso y toda la jarcia. Esta oportunidad me permitió empezar a conocer en el puerto de Badalona aquellas embarcaciones que miraba con interés e intriga en mis paseos por el puerto de mi pueblo. Esta oportunidad me permitió empezar a conocer como eran los sistemas instalados a bordo de una embarcación de recreo.

El tiempo iba pasando, y con ello y en paralelo, yo buscaba retos para formar parte de la industria naval donde en cada uno de ellos pude aprender y tener diferentes puntos de vista, tanto gracias a las embarcaciones en las que trabajaba como gracias al conocimiento y experiencias de las personas que fui conociendo por el camino. Cada día era más y mejor que el anterior, y me llevó a conocer grandes profesionales de la industria naval, con los cuales pude compartir algunos momentos y así aumentar y consolidar mis conocimientos. Muchas de mis preguntas pudieron encontrar finalmente respuesta, pero mi pasión e ilusión en seguir creciendo

y buscar siempre las mejores oportunidades me acabo llevando a unirme a la oficina técnica de un astillero, donde me dieron como responsabilidad: los sistemas a bordo de las embarcaciones.

Esto fue una oportunidad similar a cuando pude ir a bordo del Buddha's, pero a grande escala. Esta vez los sistemas los veías pasar de ideas, a planos y de planos a una realidad. De un casco sencillo, a unas tomas, mamparos, equipos e instalaciones que daban sentido a todo aquello que había podido conocer hasta el momento y que día tras día sentía más mío.

Todo ello, ha dado como fruto las líneas y contenido de este trabajo. Ha dado como fruto una oportunidad para recopilar información tanto teórica como práctica de como son y pueden llegar a ser los sistemas en las embarcaciones de hasta 24 metros. Un fruto cargado de ilusión y pasión por la industria y los barcos, lleno de muchas experiencias tanto laborales como personales. Algunas menos placenteras que otras, pero todas ellas sumando y haciendo crecer mis conocimientos, y permitiendo rodearte de profesionales que sienten la misma pasión por la industria.

Un chico que salía de la universidad y quería poder responder muchas preguntas, pero que no dejaba de dar lugar a muchas más, y es que cuando crees que has llegado al fondo de una idea, te das cuenta que aún puedes ir más allá. En muchos momentos realizando este trabajo creías haber llegado al descubrimiento de un sistema, pero como dijo un investigador médico estadounidense, Jonas Salk:

“Lo que la gente considera como el momento del descubrimiento, es realmente el descubrimiento de la pregunta”

1 Sistemas a bordo

1.1 Sistema de escape

Es un sistema muy sencillo y pequeño en comparación a otros sistemas del barco como el de agua dulce por ejemplo. Dicho sistema consiste en aquella instalación que permite la evacuación de los gases del motor al exterior. Dentro de este sistema cabe destacar dos tipos: el escape seco y el húmedo.

1.1.1 Escape seco

Un sistema de escape es seco, cuando los gases son evacuados al exterior pasando solo por un silenciador para reducir el ruido a bordo. En este tipo de escape al evacuar los gases directamente al exterior, es necesaria la instalación de una chimenea en el barco para que cuando los gases salgan al exterior estén a una cierta altura (entre la cubierta más alta y el punto más alto de la chimenea) y se evite así llenar las cubiertas de humo.

Los barcos que tienen escape seco son por ejemplo:

-Barcos pesqueros (arrastre): primero porque trabajan en cubiertas, los costados y en popa, con lo que una chimenea permite trabajar libremente en cubierta y alrededor del barco sin tener que evitar (mientras trabajan) una salida de gases en el casco. El segundo motivo es que debido a la eslora y tipo de trabajo, el volumen de gases que generan sus motores necesitan un diámetro mínimo de tubo/conducto para ser dirigido al exterior con lo que si se quisiera hacer una salida en el casco, esta tendría un diámetro demasiado grande y no sería seguro para la navegación.

-Yates: Son barcos de dimensiones considerables (mayor de 30m) y por ello con motores potentes que también generan un volumen de gases importante. A parte, en los yates se usa también la chimenea para las ventilaciones de todas las estancias y aires acondicionados de los camarotes así como también para asegurar que los gases salen por encima de las cubiertas y evitan cargar el ambiente en cubierta y poder conseguir el máximo confort a bordo.

En resumen, los barcos con escape seco (chimenea) son aquellos que por dimensiones y potencia de los motores, generan tal volumen de gases que si se descargase por costado implicaría una salida en el casco de diámetro excesivo y, como el gas tiende a subir, el ambiente en las cubiertas estaría muy cargado y por lo tanto no sería agradable la estancia en ellas.

1.1.2 Escape húmedo

Un motor tiene escape húmedo cuando se inyecta al escape el agua salada de refrigeración del motor. Dicho tipo de escape tiene principales ventajas en:

-Temperatura: Los gases de escape de un motor pueden llegar a los 600 grados. Si se tuviera un escape seco, esto implicaría: tener un conducto metálico que aguantase la temperatura y tenerlo bien aislado debido a la radiación de calor que el metal tendría.

Con el escape húmedo, al inyectar agua, la temperatura se ve reducida considerablemente, y cuando más cerca este de la salida del motor la inyección, más fría estará la línea y en consecuencia reducimos el coste del tubo de la instalación. Estos tubos suelen ser de goma según la ISO 13363.

Todo el calor que se transfiere al agua es todo el calor que se evita que caliente la sala de máquinas y por proximidad las estancias de alrededor.

-Ruido: el ruido se desplaza mucho más lento y menos lejos por un medio líquido que no por el aire, con lo que reducimos el ruido en la sala de máquinas.

-Olor: Al mezclar el agua con el gas las partículas del olor se ven disueltas en el agua (como en el inodoro doméstico) y permite disponer de una atmosfera limpia de olores en cubierta incluso estando cerca de la salida de escape en el casco.

1.1.3 Componentes del sistema. Escape húmedo

En un sistema con escape húmedo nos encontraremos con: tubos para la conducción del agua y el gas, colectores, silenciadores, purgador, cuello de cisne y la salida de escape en el casco. Algunos de estos elementos, como el purgador y el cuello de cisne no siempre estarán presentes en los sistemas, a diferencia del resto que siempre están instalados.

Hay 3 funciones u objetivos en el sistema de escape y no todos los elementos sirven para todas las funciones.

	Colectar	Silenciar	Efecto Sifón
Colector	•	•	
Silencioso		•	
Cuello de cisne		•	
Purgador			•

Tabla 1.1 Funciones de los Componentes del sistema de escape. Fuente: Propia

Como puede verse en la tabla 1.1, el colector puede realizar tanto la función por excelencia: colector, pero también actuar como silencioso, y es por eso que muchas veces al colector se le nombra también colector/silencioso.

Purgador

En los sistemas de escape hay que prestar atención a la altura del punto de inyección (llamémosle C como se indica en la Figura 1.1) de agua al sistema de escape. Como podemos ver en las siguientes imágenes, podemos tener dos casos:

- cuando el punto C está mínimo 15 cm por encima de la línea de flotación.
- cuando el punto C está a menos de 15 cm o por debajo de la línea de flotación.

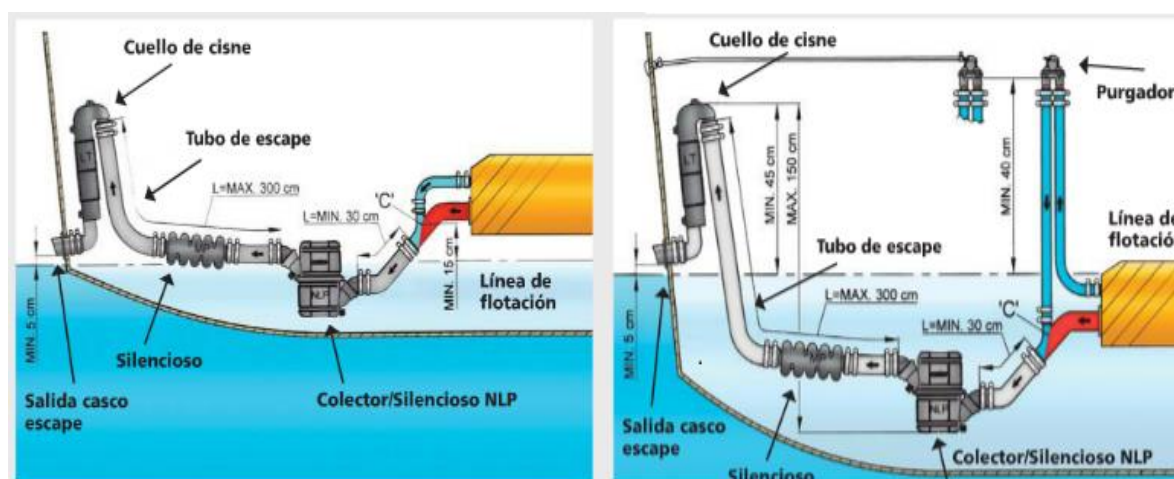


Figura 1.1 (Izquierda) Sistema de escape con el punto C mínimo 15 cm por encima de la línea de flotación. (Derecha) Sistema de escape con el punto C a menos de 15 cm o por debajo de la línea de flotación. Fuente: Vetus

La diferencia entre estos dos sistemas es que, cuando tenemos el punto C por debajo de línea de flotación o a menos de 15 cm, puede que el motor se nos llene por *efecto sifón*¹.

Para evitar este efecto, necesitamos elevar el punto de inyección C y al mismo tiempo evitar que el sistema de refrigeración esté presurizado. Esto lo conseguimos con el Purgador.

El purgador, como puede verse en la imagen superior, lleva un sistema con el que, con el motor parado, puede entrar aire al sistema de refrigeración evitando así que este quede presurizado, y haya la misma presión tanto en los extremos como a lo largo de este.

Podemos encontrar dos tipos de purgadores:

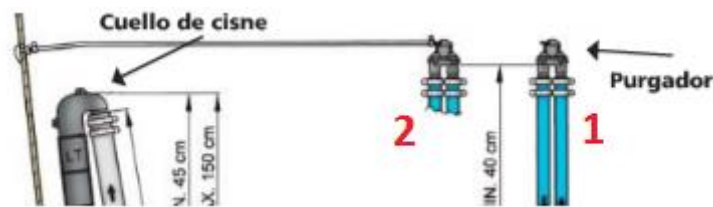


Figura 1.2 Tipos de purgadores que hay en el mercado. Fuente: Vetus

1. Purgador con válvula de presión: este purgador lleva una válvula que permite igualar la presión en el sistema. Con esto conseguimos que, cuando se para el motor y por lo tanto se deja de bombear agua salada al sistema de refrigeración, al tener la misma presión en todo el sistema, el agua cede por gravedad hasta el colector y queda el nivel de agua en el sistema de refrigeración a la altura de la línea de flotación.

2. Purgador con conexión al casco: este purgador no tiene válvula. Por donde entraba el aire en el 1, tiene un tubo conectado al casco que, cuando el sistema de refrigeración está bombeando agua, esta vaya tanto del purgador a la salida en casco como hasta el colector.

Con este tipo de sifón tenemos dos ventajas: la primera es la que ya teníamos en el anterior, que es permitir la entrada de aire en el purgador y por lo tanto evitar que se produzca el efecto sifón.

¹ Efecto por el que mediante un tubo lleno de agua, y con diferencia de presiones en ambos extremos, el agua circulará de forma natural desde el punto de más presión hasta el de menor presión. En este caso el tubo sería el sistema de refrigeración y las presiones en los extremos: presión dentro del sistema de escape (baja) y presión debajo del mar en el grifo de fondo (alta)

El otro es que la salida en el casco la podemos usar como chivato de si el motor se está refrigerando. Si no estuviera saliendo agua por el casco, implicaría que hay una obstrucción en el sistema, y si fuese aguas abajo del motor, significaría que este no está siendo refrigerado y por lo tanto podría quemarse.

Colector/silencioso

El colector en si es un recipiente/tanque, que tal y como su nombre indica, colecta los líquidos del sistema de escape. Pero no solo hace esta función, sino que también puede funcionar como silenciador. La función del colector/silencioso es:

1. **Mezclar** el agua y los gases. Dicha mezcla provoca que el olor cuando sale por el casco sea menor o casi nulo debido a que el agua lo absorbe.
2. **Variar la dirección y velocidad** del gas, dando como resultado la reducción del ruido.
3. Cuando paramos el motor, **colectar** el agua presente en el circuito y evitar la posible entrada de agua en el motor (Función por excelencia del colector). Además, en la entrada del colector hay una válvula que evita el retorno del agua colector-motor.

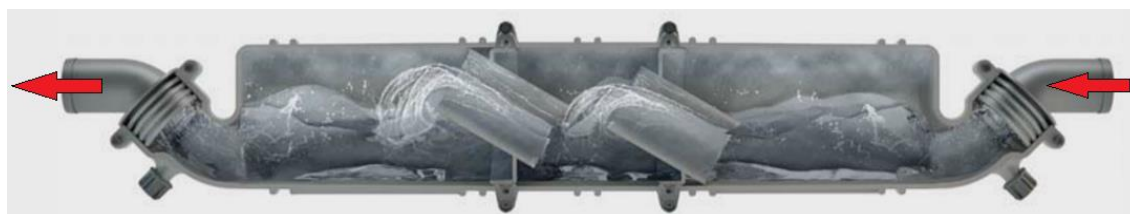


Figura 1.3 Colector/silenciador tipo NLP3 con 3 cámaras. Fuente: Vetus

El colector suele ser el punto más bajo de la línea de escape y también es el elemento que nos garantiza que cuando el motor se para, el agua que quede en los tubos vaya al Colector por gravedad. Así pues, y sabiendo que con el sistema parado el colector puede estar lleno, en la parte inferior disponen (mayormente) de un tapón de drenaje para permitir el vaciado de este en caso de querer vaciar por completo el sistema, como por ejemplo antes del invernaje.

Hay que tener en cuenta que el colector estará instalado y dimensionado en función de la carga del sistema. Cada motor tiene una bomba de refrigeración que bombea un caudal de agua salada para refrigerar, así pues si el volumen de los tubos del sistema de escape es 10 m³ (en toda la

línea) y el colector es de 5 m³, habrá 5 m³ de agua que quedarán libres en el sistema cuando paremos el motor, haciendo posible que entre agua en el motor si esta queda entre el Colector y el Motor.

Para evitar problemas, antes de instalar nuestro colector calcularemos cuál será su volumen para garantizar que cuando se detenga el sistema, el colector podrá albergar gran parte del agua y esta no se quedará en el motor. El valor del volumen [Litros] lo encontramos usando una fórmula que proporciona Vetus:

$$V_{colector} = \frac{2 * \left(\frac{\pi}{4} * \varnothing^2 * L \right) * 0.25}{1000}$$

Donde;

2: Factor/Margen de seguridad

∅: Diámetro interior del tubo [mm]

L: Longitud del tubo [mm]

0.25: % de agua en una sección del tubo. En este caso 25%.

Silencioso

El silencioso realiza la función de reducir el ruido de los gases, y eso se consigue variando su dirección de avance a través de un tubo rígido con transversales que harán variar el camino, y por lo tanto la velocidad de los gases. Esto afecta directamente a la reducción del ruido y vibraciones causados por el sistema.

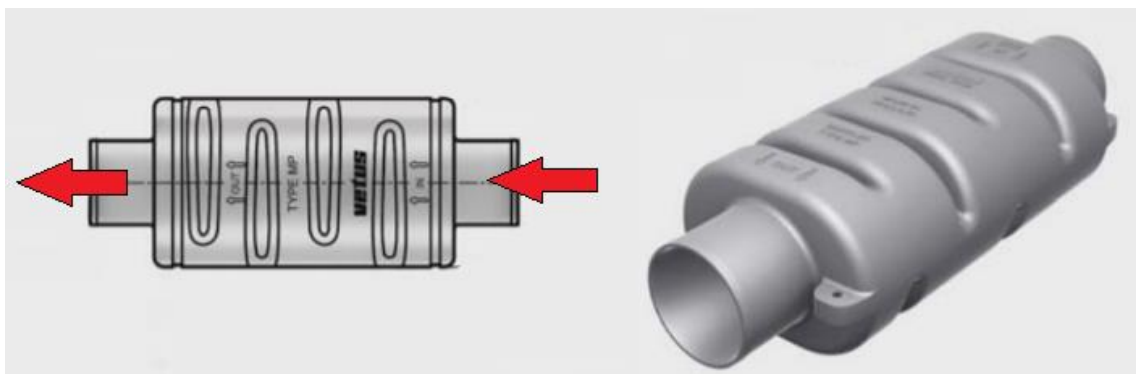


Figura 1.4 Silencioso VETUS tipo DEMPMP. Fuente: Vetus

Cuello de Cisne

El cuello de cisne eleva el sistema de escape por encima de la línea de flotación y la propia salida en casco para evitar la entrada de agua salada al sistema por dicha salida.

Podemos conseguir el cuello de cisne con dos métodos:

1. Instalando un cuello de cisne rígido que además funcionaría como silenciador. Este también dificultaría un poco más la entrada de agua salada. Este cuello de cisne por dentro tiene separadores transversales que hacen que el gas/agua varíen la dirección y por lo tanto se mezclen bien y el agua absorba los malos olores. En otras palabras, instalar un silenciador en forma de cuello de cisne. Instalaríamos un cuello de cisne-silenciador rígido si: no tuviéramos un silenciador aguas arriba o si quisiéramos instalar otro silenciador.
2. Dar forma a la manguera de tal forma que haga un cuello de cisne. Dicha opción la usaríamos si tuviéramos instalado un silenciador aguas arriba.

En ambos casos, tal y como se ha dicho, el objeto es levantar el sistema de escape por encima de la salida en casco para evitar al máximo la entrada de agua salada cuando el sistema/motor este parado.

Con el objeto de evitar que entre agua por la salida de escape en el casco, hay dos medidas/alturas importantes en el sistema de escape.

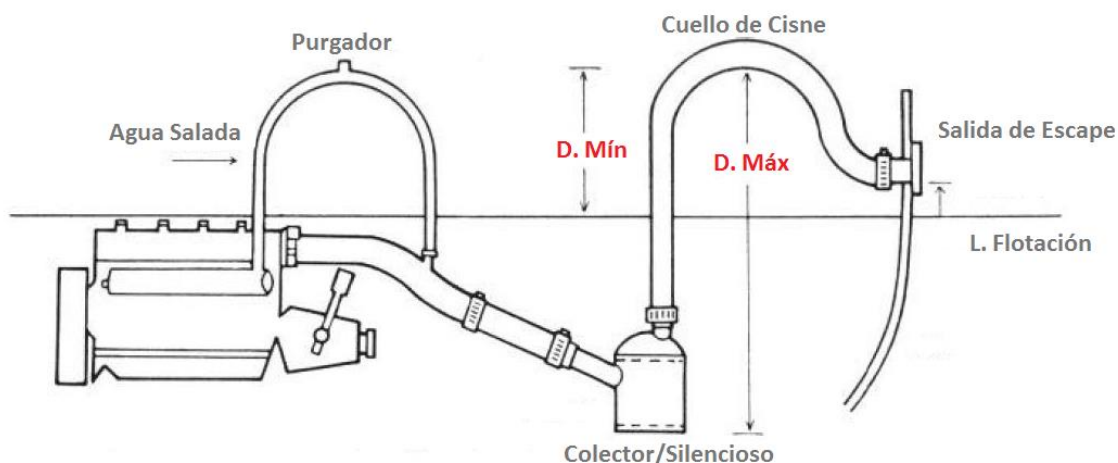


Figura 1.5 Esquema básico del sistema de escape húmedo. Fuente: Navegar

La primera, tal y como puede verse en la figura superior, es la **altura mínima** que corresponde a la distancia entre la línea de flotación y el punto más alto del cuello de cisne. Esta distancia es la diferencia de altura que deberá vencer/recorrer el agua de mar que entre por la salida de escape para poder llegar al colector. Tener en cuenta que si esto sucediera y no hubiera válvulas antiretorno, el motor podría llenarse de agua ya que la Salida de escape esta por encima del motor.

La segunda es la **altura máxima** correspondiente a la distancia entre el colector y el punto más alto del cuello de cisne. Esta distancia es de vital importancia para el buen rendimiento del motor. Si tiene un valor muy elevado o el trazado del colector al escape es muy complicado aumentará la *contra presión*. Esta es la presión necesaria para evacuar los gases del sistema de escape húmedo. Si esta presión aumenta el motor deberá dedicar parte de su potencia para evacuar los gases y por lo tanto se reducirá la potencia que entrega el motor a la hélice.

Tubo/Manguera de escape

Los gases y el agua de refrigeración inyectada al sistema, serán conducidos a través de un tubo o manguera de goma, caucho o silicona flexible con el interior liso para no aumentar la contra-presión de los gases de escape. Estos tubos deberán cumplir con la normativa *ISO 13363:2016 – Rubber and plastics hoses for marine-engine wet-exhaust systems*

1.1.4 Normativa aplicable

El Sistema de escape debe cumplir con la *UNE-EN ISO 9093* en la que se especifican las características de las salidas de escape húmedo utilizados en embarcaciones de recreo cuyo casco no sobrepase los 24 metros de eslora. Además, como los pasacascos son metálicos, al sistema le aplica la Parte 1 (*UNE-EN ISO 9093-1:1994. Embarcaciones de recreo. Grifos de fondo y pasacascos. Parte 1: Metálicos*)

Esta normativa determina los diferentes tipos de pasacascos y los métodos de fijación en el casco en la *tabla 1* de la norma.

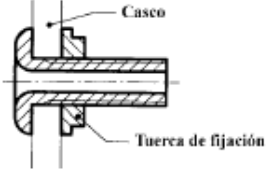
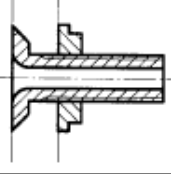
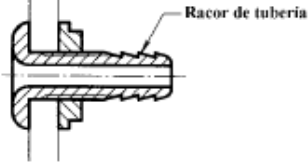
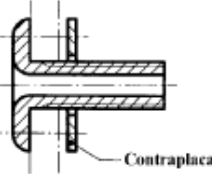
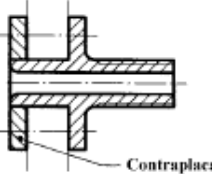
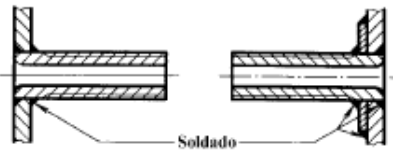
Nº	Descripción	Ilustración
1	Pasacascos con brida exterior y tuerca de fijación interior, con el vástago fileteado, donde la estanquidad se consigue apretando la tuerca	
2	Pasacascos del mismo tipo que el 1, pero con brida exterior avellanada, a paño con la superficie exterior del casco	
3	Pasacascos del mismo tipo que los de 1, donde el extremo del vástago forma un racor de tubería	
4	Pasacascos con brida exterior donde la brida está fijada al casco mediante tornillos con tuercas o bien mediante tornillos con tuercas más brida interior	
5	Pasacascos con brida interior donde la brida está fijada al casco mediante tornillos con tuercas, o bien tornillos con tuercas más brida exterior	
6	Pasacascos consistentes en un tubo o espárrago soldado al casco	

Tabla 1.2 Tabla 1, Ejemplos de pasacascos. Fuente: UNE-EN ISO 9093-1:1994

También nos marca que el pasacascos debe ser resistente a la corrosión, protegido contra la corrosión, de fácil acceso así como también hace referencia al número, material y tipo de bridas con las que se fija la manguera al tubo del pasacascos y las medidas del mismo. Algunos de estos datos/requisitos varían si la embarcación es un velero.

Por ejemplo, la tubería deberá fijarse mediante doble abrazadera cuando el tubo del pasacascos tenga el extremo liso o, en caso de los veleros y motoveleros, cuando el eje del pasacascos se encuentra a menos de 300 mm respecto la línea de flotación estática en condición de plena carga.

1.1.5 BUDDHA'S BOAT: Sistema de escape



Figura 1.6 Descarga por costado del sistema de escape del motor (tubo amarillo) y del generador (tubo verde). Puede observarse el cuello de cisne de ambos tubos para evitar la entrada de agua de mar en el sistema. Fuente: Propia

A bordo del *Buddha's boat* hay dos motores/grupos que generan gases de escape.

Estos son:

- Motor principal
- Generador auxiliar

Ambos tienen instalado un sistema de escape húmedo con, evidentemente, descarga por costado y por encima de la línea de flotación.

Referente a los pasacascos, estos están soldados al casco como el *método nº 6 de la Tabla 1 en la UNE-EN ISO 9093-1:1994*. Para evitar problemas de corrosión son del mismo material que el casco, están protegidos igual que el casco ante la corrosión y no hay ningún objeto que dificulte el acceso a ellos.

Las mangueras están fijadas al tubo con una abrazadera reutilizable y de inox ya que la

distancia entre el pasacascos y la línea de flotación es superior a 300 mm y los extremos del tubo no son lisos.

En ambos casos, dado que las salidas del sistema de refrigeración del motor están por debajo la línea de flotación, hay instalado un sifón entre la salida del agua de refrigeración y el punto donde lo inyectamos para mezclarse con los gases, tal y como se ha visto arriba en la parte teórica.

En el caso del motor principal, el sifón *Vetus ARIVENTV* sube hasta cubierta. Este sifón tiene una válvula que cuando pasa agua a través de él, crea un burbujeo que nos confirma que está pasando agua a través del sifón, y por lo tanto que el motor se está refrigerando. Añadir que al tener este sifón en cubierta, el patrón puede durante navegación, comprobar si el motor funciona bien o no.

En el caso del sifón del generador auxiliar, el sifón está dentro de la cámara de máquinas.



Figura 1.7 (Izquierda) Sifón del motor principal. (Derecha) Sifón del generador auxiliar. Fuente: Propia

Por lo que afecta al sistema de silenciado y canalización de los gases de escape, tanto el motor principal como el generador auxiliar disponen de silenciadores así como mangueras de exhaustación, todos ellos homologados para ser usados en los sistemas de escape.

Se adjunta en el Anexo A (apartado A.1) el plano del sistema.

1.2 Sistema de combustible

Este sistema es el que almacena y distribuye el combustible a todos los consumidores que hay a bordo. A día de hoy los combustibles más comunes en la náutica son: Gasolina y Diésel (Gasóleo). De forma general se podría decir que los motores gasolina suelen ser los fueraborda y los Diésel los intraborda.

Referente a otro tipo de combustibles, en la náutica existen hoy en día barcos propulsados por GNL (Gas Natural Licuado) e incluso hidrogeno, sin olvidar los varios prototipos que actualmente por el mundo se propulsan 100% de forma eléctrica. De todos modos, estos tipos de propulsiones hoy en día, por complejidad o por coste no se implementan en la náutica de recreo, aunque en un futuro darán el salto a este sector de la náutica.

Siguiendo en el sistema, y acompañando el combustible en su recorrido, el sistema consiste en una entrada de combustible en cubierta, que se almacena en el depósito de combustible. De este depósito el combustible es bombeado hasta un motor pasando previamente por un prefiltro o filtro decantador de agua para impedir que entre agua en el motor. Después sigue bombeándose

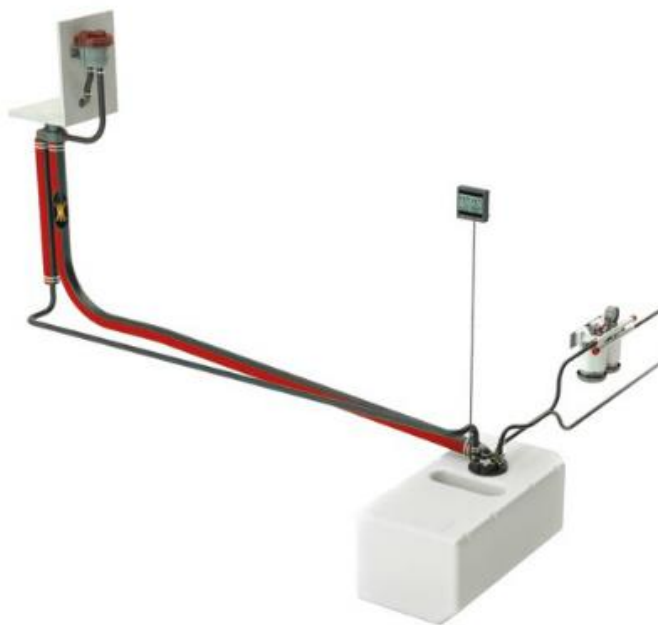


Figura 2.1 Esquema básico de combustible con: Carga, Tanque, Sensor, Doble Filtro, Retorno y aspiración con filtro de olores.
Fuente: Vetus

para pasar a través de un segundo filtro de impurezas y entonces llega a la bomba del motor para ser finalmente distribuido dentro del motor. Dentro del motor, este combustible es consumido en un %, y el resto es devuelto hasta el tanque de combustible. En motores de muy altas revoluciones, dado que se alcanzan mayores temperaturas, se puede considerar la opción de refrigerar mediante un intercambiador de calor el combustible que retorna con el objeto de no aumentar demasiado

la temperatura dentro del tanque y por lo tanto la generación de vapores.

1.2.1 Componentes del sistema

Tanques

Son el elemento contenedor del combustible. Los tanques pueden ser tanto metálicos como no metálicos. En el caso de metálicos los materiales más comunes son Acero y Aluminio y en los no metálicos estos serán aceptados y acorde con la Normativa ISO 21487:2012 siempre que el material cumpla con los ensayos requeridos a pasar en la norma.

Así pues, los tanques también podrán ser estructurales o no estructurales. En el caso de que el combustible sea Gasoilna, no podrán ser estructurales, a diferencia de los tanques con Diesel que podrán ser de ambos tipos.

En el caso de los tanques no metálicos, suelen ser suministrados por empresas a las que se les han homologados sus tanques y por lo tanto serán modelos marcados y fijos que ya vendrán preparados con las tomas y salidas para el correcto llenado, ventilado y suministro del combustible.



Figura 2.2 Tanques simétricos no estructurales de aluminio. Podrán contener tanto gasolina como diésel.

Fuente: Ucalisa

Para los tanques metálicos, los cuales generalmente suelen ser fabricados a medida, estos deberán fabricarse con todas las tomas y salidas necesarias para garantizar el correcto llenado, ventilado y suministro del combustible.

En la normativa ISO 21487:2012 se marcan todos los requisitos necesarios tanto para un tipo de tanque u otro, y podrán verse resumidos en el apartado 1.2.2 más adelante.

Bombas

En las embarcaciones de recreo normalmente las bombas de combustible son las que el propio motor incluye, es decir, considerando el Motor como un bloque, no hay existencia de bombas en el sistema de combustible, y es el motor el que bombea el combustible del tanque a los cilindros. Se podría considerar la opción de instalar una bomba adicional (a la del motor) para combustible en embarcaciones con motores de poca potencia o en caso de haber mucha distancia entre los tanques y el motor. Esta bomba adicional, eléctrica de 12V/24V o de pera como en los fueraborda, serviría para disminuir el esfuerzo de cebado que debe realizar la bomba de combustible del motor.

A parte de estas, en algún barco podría haber bombas de trasiego de combustible. Estas podrían instalarse en un sistema de combustible en el caso de haber más de un tanque a bordo o incluso en embarcaciones tipo catamarán. Esta bomba nos permitiría, por ejemplo, pasar combustible de un tanque a otro en caso de tener problemas en uno de los tanques, y alimentar el sistema con un único tanque o simplemente para vaciar/trasegar el contenido de los tanques

Válvulas y tuberías

En los sistemas de combustible todas las tuberías son de goma acorde con la normativa ISO 7840. Esta normativa garantiza que las tuberías están hechas de un material que no se verá deteriorado por el combustible, así como soportará un mínimo de temperatura para los retornos.

Como ejemplo, y cogiendo de referencia un fabricante de mangueras de combustible actual, debajo se pueden encontrar características de las mangueras que hay hoy en día en el mercado:



Tipo	CARBOPOMP / M I5C
Reforzado	Capas de tejido de alta tensión y alambre helicoidal
Exterior	Goma sintética negra, corrugada, autoextinguible, resistente a abrasión, calor, aceite y ambiente marino.
Temperatura	-20°C a +80°C
Marcado	THOR® CARBOPOMP® MARINE FUEL ISO 7840:2013 A1 E10/B10 COMPATIBLE CE SAE J 1527:2011 USCG A1 – RINA – LLOYD’S REGISTER (AÑO)
Presión / Ø_i	>10 Bar / 25-60 mm

Figura 2.3 Manguera THOR I5C homologada para combustible. Fuente: Thor



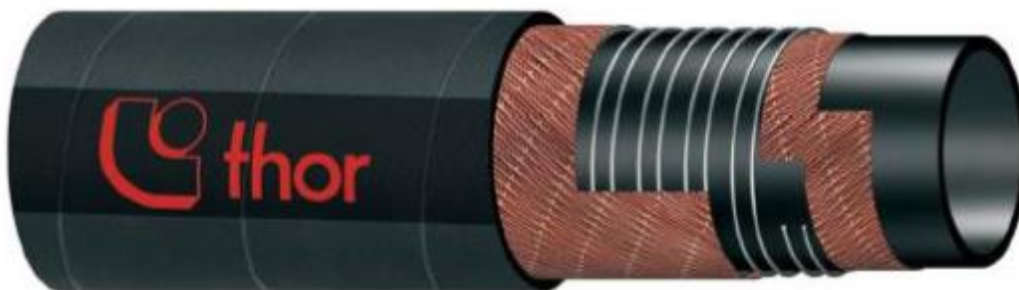
Tipo	CARBOPOMP / M I5T
Reforzado	Capas de tejido de alta tensión
Exterior	Goma sintética negra, lisa, autoextinguible resistente a la abrasión, calor, aceite, ozono y ambiente marino.
Temperatura	-20°C a +80°C
Marcado	THOR® CARBOPOMP® MARINE FUEL ISO 7840:2013 A1 E10/B10 COMPATIBLE CE SAE J 1527:2011 USCG A1 – RINA – LLOYD’S REGISTER (AÑO)
Presión / Ø_i	>10 o >14 Bar / 12-63mm o 6-10 mm

Figura 2.4 Manguera THOR I5T homologada para combustible. Fuente: Thor



Tipo	CARBOPOMP / M 15N
Reforzado	Capas de tejido de alta tensión y alambre helicoidal
Exterior	Goma sintética negra, lisa, autoextinguible resistente a la abrasión, calor, aceite y ambiente marino.
Temperatura	-20°C a +80°C
Marcado	THOR® CARBOPOMP® MARINE FUEL ISO 7840:2013 A1 E10/B10 COMPATIBLE CE SAE J 1527:2011 USCG A1 – RINA – LLOYD'S REGISTER (AÑO)
Presión / ϕ_i	>10 Bar / 16-60 mm

Figura 2.5 Manguera CARBOPOMP 15N homologada para combustible. Fuente: Thor



Tipo	SOUTHAMPTON 15N
Reforzado	Capas de tejido de alta tensión y alambre helicoidal
Exterior	Goma sintética negra, lisa, autoextinguible resistente a la abrasión, calor, aceite y ambiente marino.
Temperatura	-20°C a +100°C
Marcado	Southampton 15N – Fuel & Exhaust gas hose – ISO 7840:2013 A1 E10/B10 compatible – SAE J 1527:2004 USCG A1 – ISO 13363:2016 type 2 class B
Presión / ϕ_i	>10 Bar / 16-63 mm

Figura 2.6 Manguera SOUTHAMPTON 15N homologada para combustible y para el escape de gases. Fuente: Thor

Referente a las válvulas en los sistemas de combustible suele encontrarse mínimo, y en muchos casos solamente, la válvula para cerrar/abrir el suministro en la parte inferior del tanque. A parte de estas, pueden encontrarse también válvulas en los filtros (para una correcta sustitución de los elementos filtrantes evitando derrames) y en las tomas de carga de combustible al tanque. Las válvulas suelen ser de inoxidable o latón.

Purificadora y filtros

Es muy importante garantizar que el combustible que consume el motor esté libre de agua, así como de partículas sólidas para reducir al máximo el deterioro, así como la existencia de importantes averías que podrían llegar incluso a ser irreversibles.

Esta condición de calidad del combustible nunca se dará en el combustible que tenemos almacenado en el tanque y por lo tanto habrá elementos sólidos y presencia de agua por culpa de:

- Se carga el combustible directamente de la manguera del puerto. Este combustible ya presenta elementos sólidos, así como agua antes de salir del tanque o incluso antes de salir del camión cisterna que lo transporta. Así mismo, los tanques siempre subterráneos, pueden contener agua y partículas que por ejemplo entren en el momento que se abren para su llenado, dado que las bocas de llenado suelen estar en el suelo y puede haber una falta de mantenimiento de las mismas.
- Suciedad en cubierta y la toma a bordo: Las cubiertas es muy usual que tengan agua e incluso suciedad. Así mismo, los relieves y juntas de la boca de llenado en cubierta pueden contener agua y suciedad retenida que cede hasta el tanque una vez se abre para la carga. Es importante también asegurar el buen cierre de la boca de llenado para evitar que se pueda ir filtrando agua durante la navegación.

Entre muchos otros casos y situaciones. Así pues y para garantizar que en nuestro motor se consuma combustible limpio, se instalan elementos que por decantación o filtrado mecánico eliminan el agua y las partículas sólidas. Estos elementos son, respectivamente, filtros decantadores y filtros de combustible. Estos pueden existir de forma combinada o independiente.

Filtros de Combustible: Son filtros que separan los elementos sólidos mediante un filtro de papel o malla.

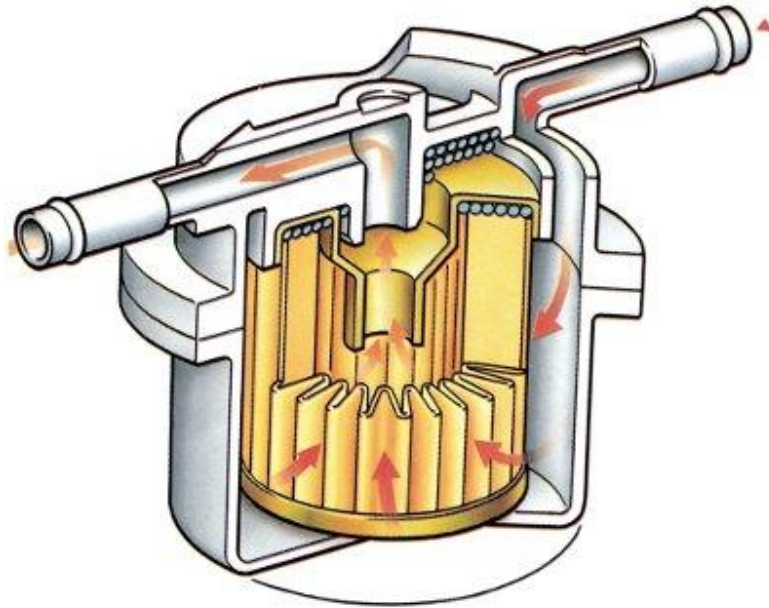


Figura 2.7 Sentido del combustible en un filtro de partículas. Fuente: Bosch

Como puede verse en la figura superior, entra el combustible por un orificio que descarga fuera del filtro de papel o malla, y es evacuado/bombeado por un tubo que esta en el centro del filtro. Esta configuración hace que todo el combustible deba pasar por el filtro para poder ir al motor y por lo tanto las partículas queden atrapadas.

Filtros decantadores: O separador de agua, la función consiste en separar el combustible del agua que pueda contener. Tal y como su nombre indica, estos filtros separan el agua del combustible mediante la diferencia de densidades que hay entre los dos líquidos. Por densidad el agua siempre queda debajo y el combustible arriba. Estos filtros suelen tener un recipiente de cristal o plástico transparente por donde se puede comprobar el nivel de agua que contiene el filtro y proceder a su purgado.

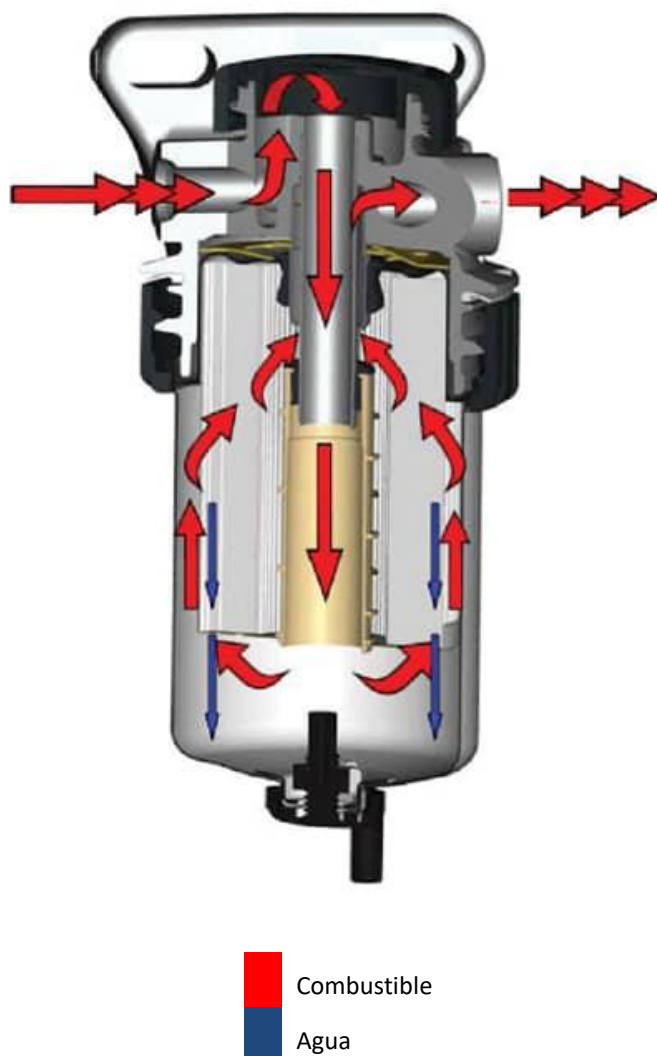


Figura 2.8 Sentido del combustible en un filtro-separador. Fuente: Volvo penta

En la imagen superior se puede ver un ejemplo de Filtro-Separador. Es decir, que retiene las partículas sólidas presentes en el combustible, así como separa el agua que contiene el combustible por decantación.

Como puede verse el combustible entra por un orificio que descarga fuera (por debajo) del filtro de partículas, y cuando el filtro está lleno es bombeado por un oficio colocado en el centro del filtro, por lo que el combustible tiene que pasar a través de la malla o papel que retendrá las partículas sólidas.

La entrada de combustible descarga en la parte baja del recipiente del filtro por dos motivos:

- a) La diferencia de nivel hasta el orificio de salida permite la correcta decantación del agua, quedando esta en la parte inferior debido a su densidad.
- b) Para permitir que el combustible descargue “fuera” del papel o malla y de este modo deba pasar a través de él para seguir su recorrido fuera del filtro hasta el consumidor (motor o generador).

La parte baja suele ser un vaso transparente que nos permite ver la acumulación de agua, y juntamente con el tapón de purgado también en la parte inferior, poder purgar el filtro sin derramar combustible.

Diferenciadas las funciones, cabe añadir que actualmente los filtros son tanto separadores de agua como filtros de combustible.

Es recomendable el duplicado de los filtros para garantizar que en caso de haber problemas en un filtro (obstrucción) se pueda seguir alimentando el sistema mediante otro filtro preparado para dar relieve al que estaba en uso y así poder aplicarle el mantenimiento necesario. La instalación de llaves de paso en la entrada y salida de cada filtro permitirá poder realizar cualquier tipo de trabajo en los filtros sin tener que parar el funcionamiento del motor ni derramar combustible de forma inútil.



Figura 2.9 Kit de doble filtro. Permite cambiar filtros sin tener que parar el funcionamiento de los motores. Fuente: Vetus

Es importante tener en cuenta que los motores siempre llevarán un filtro de combustible (partículas sólidas, decantador de agua o filtro separador) integrado al motor, por lo que es importante identificarlo para conocer si es necesaria la instalación de otro filtro o separador.

Referente al posicionado de los filtros: es importante no colocarlos por encima de la admisión de combustible del motor para facilitar al máximo que la bomba del motor consiga el cebado del sistema. En caso contrario, si el filtro se instalara por encima, durante el funcionamiento sería posible que se acumulasen burbujas de aire en el filtro que irían al motor, aparte de que el cebado de la bomba del motor sería más complicado. Todo ello, traducido en reducciones de potencia y rendimiento del motor dado que parte de la potencia iría destinada a vencer la diferencia de altura.

1.2.2 Normativa aplicable

En las regulaciones de los sistemas de combustible se encuentran normativas que afectan tanto a las mangueras de suministro (*ISO 7840:2013* y *ISO 8469:2013*), los tanques de almacenamiento (*ISO 21487:2012*) hasta normativas generales enfocadas a al sistema en general como serían la *ISO 10088:2013 Sistemas de combustible instalados de forma permanente* hasta la *ISO 10239:2014 Sistemas de gas licuado de petróleo (GLP)*. Esta última no se introducirá dado que el BUDDHA'S BOAT no funciona con este tipo de combustible.

Referente a las mangueras ² y entrando en la ***ISO 7840:2013 Pequeñas embarcaciones. Mangueras resistentes al fuego para carburantes*** y la ***ISO 8469:2013 Pequeñas embarcaciones. Mangueras no resistentes al fuego para carburantes*** cabe destacar que todo el contenido esta enfocado a los requisitos que el fabricante debe cumplir para producir mangueras para este sistema. El contenido de esta normativa hace referencia a los requisitos generales y ensayos físicos de, mangueras resistentes al fuego (*ISO 7840:2013*) o mangueras no resistentes al fuego (*ISO 8469:2013*), para la conducción de gasolina o mezclas de gasolina y etanol y de gasóleo, o de mezclas de gasóleo con ésteres metílicos de ácido graso (FAME³), diseñadas para una presión de servicio no superior a:

- 0.34 MPa en mangueras de diámetro nominal igual o inferior a 10mm.
- 0.25 MPa hasta 63 mm de diámetro interior.

Así pues, cuando se compren mangueras para el sistema de combustible, para que estas se consideren conforme la normativa internacional, deberán estar marcadas cada 300 mm (mínimo) con:

- Nombre y marca del fabricante o suministrador.
- Últimas dos cifras del año de fabricación.
- Diámetro interior [mm].
- "ISO 7840-A1" o "ISO 7840-A2" ⁴ para mangueras no combustibles.
- "ISO 8469-B1" o "ISO 8469-B2" para mangueras combustibles.

² Destinadas a pequeñas embarcaciones con sistemas de combustible instalados de forma permanente.

³ FAME: Fatty Acid Methyl Ester, denominación en inglés de los ésteres metílicos de los ácidos grasos.

⁴ "A" o "B" designa las mangueras para carburante: resistentes al fuego y no resistentes, respectivamente. "1" para mangueras de carburante con una tasa de permeabilidad al combustible $\leq 100 \text{ g/m}^3$ en 24h. "2" para mangueras de carburante con una tasa de permeabilidad al combustible $\leq 300 \text{ g/m}^3$ en 24h.

- Compatible E10/B10 ⁵.



Figura 2.10 Marcado en una manguera NO combustible. Fuente: Propia

El marcado debe realizarse con una tipografía de 3 mm de altura mínima y resistente a detergentes. Otras informaciones pueden ser añadidas a las indicadas arriba, a decidir por fabricante.

Siguiendo con la normativa, el sistema se ve afectado por la **ISO 10088:2013 Embarcaciones de recreo. Sistemas de combustible instalados de forma permanente**, que aplica a todo sistema de combustible diésel y de gasolina instalado de forma permanente y marca los requisitos para el diseño, materiales, instalación y los ensayos de este sistema destinado a la alimentación de motores de combustión interna.

Como se comenta en el párrafo anterior, la **ISO 10088:2013** requiere unos requisitos generales en concepto de:

1. Materiales y diseño. Los componentes y el sistema deben soportar las condiciones combinadas de: vibración, presión, choques, corrosión y movimientos presentes en condiciones normales de funcionamiento, con temperatura ambiente comprendida entre -10° C y +80° C, y almacenamiento, con temperaturas comprendidas entre -30° C y +80° C.

Así mismo, los materiales de los elementos para el sistema deben ser resistentes al deterioro causado por el combustible y otros líquidos con los que se podría entrar en contacto en funcionamiento normal.

⁵ “E10” en mangueras para carburante resistentes a una mezcla de: gasolina y un 10% de etanol. “B10” designa mangueras para carburante resistentes a una mezcla de: gasóleo con un 10% de FAME.

Por lo que afecta a los compartimentos para motores de gasolina y tanques para depósitos de gasolina, estos estarán en términos de ventilación y protección contra incendios de acuerdo con las normas *ISO 11105* e *ISO 8846*.

La norma indica que no habrá orificios para extracción de combustible en el circuito más allá de los presentes en los filtros para su mantenimiento.

Todos los elementos y revestimientos metálicos en el sistema, y evidentemente en contacto con la gasolina, deberán ponerse a tierra para garantizar que la resistencia eléctrica a tierra de la embarcación sea $< 1 \Omega$.

Los sistemas de llenado deberán estar diseñados de tal manera que:

- No pueda producirse el retroceso del combustible por el tapón de llenado.
- Se evite el desborde del carburante por la abertura de ventilación hacia el interior de la embarcación o el entorno.

Otra condición importante sobre las características de los elementos del sistema, y que vendrá impuesta por el fabricante de los elementos, es que todos los componentes en el compartimento del motor deberán estar en acorde con el ensayo al fuego según la *ISO 7840:2004* indica en el Anexo A, y los tanques instalados de forma permanente sometidos a ensayo de acuerdo con *ISO 21487*.

2. Ensayos. El sistema de combustible deberá pasar el ensayo de presión especificado en el Anexo A.

Así mismo, no debe haber un retroceso de combustible a través del tapón de llenado cuando el caudal de llenado sea de 30 l/min con el depósito lleno entre 25% y 75%. Si el depósito tiene una capacidad ≤ 100 l, el caudal puede ser de 20 l/min.

3. Instalación. Referente a la instalación es importante tener en cuenta:

- Se debe garantizar la accesibilidad directa a todos los componentes⁶ del sistema para su mantenimiento e inspección.
- Respetar que el espacio libre entre un depósito de gasolina y un motor de combustión no será inferior a 100 mm.

⁶ Componentes eléctricos del sistema se instalarán de acuerdo con *ISO 10133* y *ISO 13297*.

- Respetar que el espacio libre entre un depósito de gasolina y los componentes de escape con $T > 90^{\circ}\text{C}$, no sea inferior a 250 mm ⁷.
- Ni los depósitos ni los componentes se instalarán encima de las baterías⁸.

Fuera de los requisitos generales, y entrando a elementos específicos del sistema, la normativa hacer referencia directa a:

Tuberías y mangueras de combustible, conexiones y accesorios.

1. Líneas de llenado. La norma marca que:

- El diámetro interior mínimo de las tuberías de llenado será de 28.5 mm, y el de mangueras de llenado de 38 mm.
- Las mangueras flexibles dentro del compartimento del motor deben ser resistentes al fuego en acorde con la *ISO 7840:2013*. Las situadas fuera del compartimento del motor estarán en acorde con la *ISO 7840:2013* e *ISO 8469:2013*.
- Las líneas de llenado serán auto-achicables hacia los depósitos con la embarcación en posición estática de flotación.
- El diseño debe garantizar que en caso de desbordamiento accidental, el combustible no pueda entrar en el interior de la embarcación cuando esta se encuentre en posición estática de flotación.
- Garantizar que las aberturas de ventilación de compartimentos y la boca de llenado de combustible estén separadas un mínimo de 380 mm ⁹.
- El punto de llenado irá debidamente marcado según *ISO 11192*.

2. Líneas y componentes de ventilación. Para estos componentes la instalación debe cumplir que:

- Cada tanque de combustible tendrá su ventilación.
- Las mangueras de ventilación dentro del compartimento de motores cumplirán con la normativa *ISO 7840:2013*, las instaladas fuera del compartimento estarán acorde con *ISO 7840:2013* o *ISO 8469:2013*.

⁷ A menos que se instale una barrera térmica equivalente.

⁸ A menos que se protejan estas contra los efectos de las fugas de combustible.

⁹ Salvo cuando por causa de una brazola, superestructura o el casco de la embarcación se cree una barrera que evite que los vapores de combustible penetren en la embarcación por las ventilaciones.

-
- Diámetro de la tubería de ventilación será mínimo de 11 mm (95 mm²) o diseñado de tal forma que la presión del depósito no supere el 80% de la presión máxima marcada según ensayos de *ISO 21487*.
 - Disponer la línea de ventilación de tal modo que se garantice la constante circulación del aire, evitando el paso de líquido (agua o combustible), del tanque al exterior y viceversa. Así mismo las líneas deberán ser auto-achicables con el barco en posición estática de flotación.
 - Los extremos de la línea de ventilación o cuellos de cisne estarán a una altura que imposibilite la salida de combustible durante el llenado y la entrada de agua en *condiciones normales de operación* ¹⁰.
 -

3. Líneas de alimentación, de retorno y de transferencia de combustible.

- Las líneas de alimentación y retorno metálicas no deberán contener soldaduras de ningún tipo.
- Se usará manguera flexible para la alimentación cuando en condiciones normales de funcionamiento pueda haber algún tipo de movimiento en los mamparos que fijen la línea.
- Las mangueras de llenado de gasolina o diésel conectadas a un motor intraborda estarán en acorde con la *ISO 7840:2013*.
- Las líneas de combustible deberán estar aseguradas por encima de flotación de sentinas, a menos que se diseñen y protejan para sumergirse.
- La línea (tuberías y mangueras) solo podrá tener juntas en las conexiones con pasamamparos y componentes (filtros).
- El diseño de la línea de combustible evitará el efecto sifón de combustible en caso de fallo en el sistema.

¹⁰ En veleros monocasco, las condiciones normales de funcionamiento incluyen una escora de hasta 30°

4. Accesorios y sujeciones de las mangueras.

- En las tuberías, tubos de acoplamiento u otros accesorios para la conexión de las mangueras no se usarán acanaladuras continuas helicoidales, o estrías, susceptibles de proporcionar un camino para una fuga de combustible.
- Las mangueras de conexión diseñadas para unirse mediante abrazaderas de apriete deben tener un tubo de acoplamiento de una longitud mínima de 25 mm.
- En caso de tener una unión de mangueras flexibles de diámetro nominal superior a 25 mm, deberá haber 2 abrazaderas de apriete. Así mismo, el tubo de acoplamiento deberá tener una longitud mínima de 35 mm.

5. **Válvulas.** La normativa indica que se debe instalar un marcador de nivel tubular transparente o de *tipo columna de vidrio*¹¹ protegido para minimizar riesgo de daños y provisto de *válvula*¹² con auto-cierre en el fondo manual para operar *in situ*.

6. **Filtros de combustible.** En función del tipo de combustible la normativa marca:

- *Gasolina*: instalación de un filtro de combustible.
 - *Diesel*: instalación de mínimo un filtro de combustible y un separador de agua.
- También permite combinarlos en un mismo aparato.

La norma indica que, a cumplir por el fabricante y comprobar por el comprador, todos los componentes que hayan superado la resistencia al fuego según indica el Anexo A de la *ISO 7840:2013* deberán marcarse con:

- Nombre o marca comercial del fabricante.
- Indicación de “Resistente al fuego según Norma ISO 10088” o “ISO 10088, resistente al fuego”.
- Tipo de combustibles para los que sea adecuado el componente.

¹¹ Sólo permitido en depósitos Diésel.

¹² Sólo exigido para la válvula inferior. La superior no necesita auto-cierre.

Finalmente, en el **Anexo A – Ensayo de presión** indica el test que debe pasar el sistema una vez instalado. El sistema debe someterse a 20 kPa de presión durante el *tiempo*¹³ que dé mayor de los valores:

- 1.5 s por litro de capacidad del depósito.
- 5 min.

Los depósitos inferiores a 200 l se deberán ensayar mínimo 5 min.

Para la realización de este ensayo se debe desconectar y sellar la conexión de combustible de la bomba de alimentación del motor, y abrir las válvulas anti-sifón y demás válvulas de combustible. El ensayo se considerará apto si no se presentan pérdidas o fugas durante el transcurso del mismo.

Finalmente se entraría en la normativa **ISO 21487:2012 Pequeñas embarcaciones. Depósitos de gasolina y diésel instalados de forma permanente** y una modificación posterior de la misma **ISO 21487:2012/A1:2014**.

En la ISO 21487:2012 se marcan requisitos¹⁴ de diseño así como ensayos a realizar en los depósitos de combustible de gasolina y diésel de motores de combustión interna.

En término de **Propiedades generales**, la norma indica que los para depósitos de combustible debe tenerse en cuenta:

Resistencia a los líquidos en contacto: El material no debe absorber el combustible y preparados para aguantar la acción tanto del combustible como de cualquier líquido presente en el sistema en condiciones normales de operación.

Aleaciones de cobre: Se aceptan aleaciones de cobre en accesorios de acoplamientos directos en cualquier material especificado en la Tabla 1 de la Norma incluido el aluminio si existe una barrera galvánica entre accesorio y tanque.

¹³ Nunca sobrepasar los 30 min.

¹⁴ Los requisitos de instalación los aplica la ISO 10088.

Disposiciones relativas a los depósitos: De un tanque de combustible debe cumplir unas condiciones. Estas permitirán:

- Ver el nivel/cantidad de combustible almacenado.
- En depósitos metálicos, disponer de un diseño o instalación que evite la acumulación

Material	Espesor nominal mínimo de la chapa para la resistencia a la corrosión mm	Combustible
Cobre, estañado por el interior	1,5	Gasolina solamente
Aleaciones de aluminio que no contengan más de un 0,1% de cobre	2,0	Diésel y gasolina
Acero inoxidable, con todos los depósitos de soldeo eliminados	1	Diésel y gasolina
Acero dulce	2	Diésel solamente
Acero dulce galvanizado en caliente por el exterior después de su fabricación	1,5	Diésel solamente
Acero dulce galvanizado tanto por el exterior como por el interior después de su fabricación	1,5	Gasolina solamente
Acero recubierto de aluminio	1,2	Diésel y gasolina

Tabla 2.1 Materiales de los depósitos metálicos. Fuente: ISO 21487:2012

de agua en el exterior de su superficie.

- En caso de haber tuberías o conductos en la parte inferior del tanque, estos no deberán estar en contacto con el depósito.
- En depósitos metálicos, los soportes, calzos o elementos de fijación estarán asilados de la superficie metálica del depósito por materiales no metálicos, no higroscópicos o abrasivos o bien soldados al depósito.
- En caso de tener mamparos de antibalance:
 - a) deberán tener aperturas no superiores al 30% de la sección del depósito en el plano del mamparo.
 - b) Las aberturas no entorpecerán el flujo del combustible ni originarán acumulación de vapores.
- El diámetro interior (\varnothing_{int}) de la tubería de llenado de combustible cumplirá:

$$\varnothing_{int} \geq 28.5 \text{ mm}$$
- Las ventilaciones deberán tener un diámetro interior mínimo $\geq 11 \text{ mm}$ (95 mm² o prevenir que la presión interna supere el 80% de la presión máxima de ensayo marcada en la placa según ISO 10088.

-
- En depósitos de combustible Diésel, habrá aberturas de inspección (arriba o en costados) de mínimo 120 mm para el limpiado e inspección del tanque. Estas deben ser accesibles estando el depósito instalado.

Así mismo, la Normativa también introduce directrices de diseño y ensayos para los tanques según estos serán:

Depósitos de combustible: Gasolina

Los depósitos de Gasolina:

- No pueden estar integrados al casco.
- Los accesorios/aberturas deberán instalarse en la parte superior, a excepción de las tuberías metálicas de llenado y ventilación que pueden ir en costados y extremos en depósitos de gasolina metálicos, a condición de estar soldados al tanque y conectados al mismo por la parte superior.
- No tendrán purgas de vaciado.

Y deben estar sometidos a los ensayos:

- *Ensayo de Fugas.*
- *Ensayo tipo impulsión de presión o a un Ensayo de presión hidráulica/Ensayo de resistencia tipo.*
- En tanques NO Metálicos, *Ensayo general de resistencia al fuego.*

Depósitos de combustible: Diésel

Los depósitos Diésel:

- Pueden ser contruidos independientemente del casco o formar parte integrante del mismo.
- Depósitos que formen parte integrante del casco se construirán según ISO 12215-5.
- Cada acoplamiento estará provisto de una válvula de cierre fijada directamente al depósito. Estas tendrán un diámetro nominal de 25 mm.
- En caso de tener purgas para el vaciado, la válvula de estas:
 - a) tendrán un tapón que se retirará mediante la ayuda de una herramienta.
 - b) Se le podrá quitar la palanca de accionamiento cuando estén en posición cerrada.

- Si hay medidores visuales estos tendrán una válvula de cierre automático en la parte inferior solo manipulable de forma manual. La Válvula superior no debe ser de cierre automático.

Y deben estar sometidos a los ensayos:

- *Ensayo de fugas.*
- *Ensayo de presión hidráulica/Ensayo de resistencia tipo.*
- *Ensayo de resistencia al fuego de depósitos no metálicos.*

Todos los ensayos están explicados, detallados y referenciados en la Normativa.

Finalmente, el último punto de la normativa indica las directrices de marcado de estos. Los depósitos de combustible deberán contener un seguido de información visible durante las inspecciones e incluso estando el tanque instalado. La información a contener es:

- a) Nombre del fabricante, ciudad y país.
- b) Año de fabricación (dos últimas cifras).
- c) Capacidad nominal [L].
- d) Temperatura máxima de exposición del tanque (Depósitos No metálicos)
- e) Combustibles para los que el tanque esta preparado, mediante símbolos (ISO 11192) o con palabras.
- f) Altura máxima de llenado en la tubería de entrada [m] y presión admisible de ensayo [kPa].
- e) Marcado “ISO 21487” para depósitos de gasolina no metálicos sometidos a un ensayo contra el fuego según norma internacional.

1.2.3 BUDDHA'S BOAT: Sistema de combustible

A bordo hay un tanque de combustible estructural, el cual no se modifica dado su buen estado y que ya pasó las inspecciones anteriores realizadas en el barco.

Este tanque dispone de:

- a) Carga de combustible por cubierta.
- b) Reloj de nivel.
- c) Toma de combustible hacia MMPP.
- d) Toma de combustible hacia Generador.
- e) Retorno de combustible de MMPP.

El sistema aún no está instalado, pero si valorado. Este sistema constará de:

Circuito de alimentación de MMPP

Este sistema estará compuesto por el filtro del motor el cual se reforzará con un filtro separador (a pesar de tener ya filtro en el motor). Para el conexionado se usará manguera acorde con ISO 7840. El retorno al tanque también se realizará con el mismo tipo de manguera y no pasará por ningún sistema de enfriado previo a su entrada al tanque.

Circuito de alimentación del Generador

Para el generador se hará toda la instalación con manguera acorde con la ISO 7840 y se instalará un filtro separador ya que el generador no lleva ningún tipo de filtro integrado.

Este generador no dispone de retorno para el combustible.

Como se puede ver en el Buddha's boat el sistema de filtrado es simple, es decir que no se doblan los filtros y en caso de deber realizar algún cambio de los elementos filtrantes se deberán parar los consumidores.

Cabe añadir que dado el servicio/función que realizará el Buddha's boat no es primordial garantizar una instalación que permita tener siempre los motores y generadores en marcha.

Se adjunta en el Anexo A (apartado A.2) el plano con el sistema de combustible.

1.3 Sistema de agua salada

Es un sistema sencillo. Consta de un punto bajo la línea de flotación por donde se capta el agua de mar. Este punto puede ser una toma de mar o un grifo de fondo. El hecho de que se usen unos u otros va estrechamente relacionado con la necesidad y capacidad de agua salada en el buque, bien sea para el sistema sanitario como por el de refrigeración (principales sistemas a los que suministra el sistema de agua salada).

Una vez se tiene el agua salada a bordo, esta puede ser dirigida al *sistema sanitario* o al *sistema de refrigeración*.

Cabe destacar que las tomas de mar o grifos de fondo suelen estar dedicados a un solo sistema, es decir, que las tomas de mar del sistema sanitario son diferentes a las tomas de mar del sistema de refrigeración. El principal motivo es la no dependencia entre sistemas, así como evitar en caso de haber un problema en la toma de mar, que los dos sistemas tengan que verse afectados.

1.3.1 Sistema sanitario

En este sistema el agua salada tiene dos funciones:

1. Generación de agua dulce a partir del agua salada (véase apartado 1.4 *Sistema de Agua Potable*).
2. Abastecimiento de agua en los retretes para la evacuación de las deposiciones de la gente a bordo.

En el caso del segundo punto este sistema constará, en función del tipo de retrete instalado:

1. Retretes manuales conectados a una toma de mar de la que achicaremos agua de forma manual para evacuar el contenido depositado en los retretes. Habrá solo una conexión de la toma de Mar a los retretes.
2. En caso de tener retretes no manuales, el sistema constará de un grupo de presión formado por una bomba y un tanque hidroforo que garantizarán que cuando se tire de la cadena, el sistema (a presión) suministre agua salada para evacuar el contenido dentro del retrete. Este grupo de presión puede ser similar o igual al usado en el sistema de agua.

1.3.2 Sistema de refrigeración

Sistema cuyo objetivo se basa en la circulación o recirculaciones de agua salada por el motor principal y motores auxiliares con el fin de disminuir la temperatura de estos mientras están en funcionamiento. Cuando al agua alcanza una temperatura dentro de las recirculaciones que hace en el motor, es expulsada por el costado al mar.

Este sistema cuando se evacua del motor se convierte en sistema de Escape, como puede verse en el apartado *1.1 Sistema de escape*.

En este sistema la instalación consta de una toma de mar seguida de un filtro que alimenta de agua el sistema de refrigeración de los MMAA o MMPP. Esta agua es bombeada por el Motor o Grupo Auxiliar sin necesidad de instalar bombas externas o adicionales.

Para este sistema se encontrarán tantas tomas de mar como Motores y Grupos Auxiliares haya instalados a bordo.

1.3.3 Componentes del sistema

Tomas de mar y grifos de fondo

Una toma de mar, presente en buques de grande eslora dado su gran consumo de agua salada, consiste en un hueco o espacio por debajo de la línea de flotación y cerca de la quilla que por presión se llena de agua del mar y mediante una válvula, podemos abrirla y bombear agua salada a los sistemas del buque que la consuman.

La toma de mar como tanque/estructura está dentro del casco y conectada al mar mediante un orificio a través del casco el cual dispone de una parrilla o rejilla para evitar la entrada de elementos solidos tales como peces, mejillones o cualquier elemento presente en el mar que pueda dañar la bomba u obstruir el sistema.

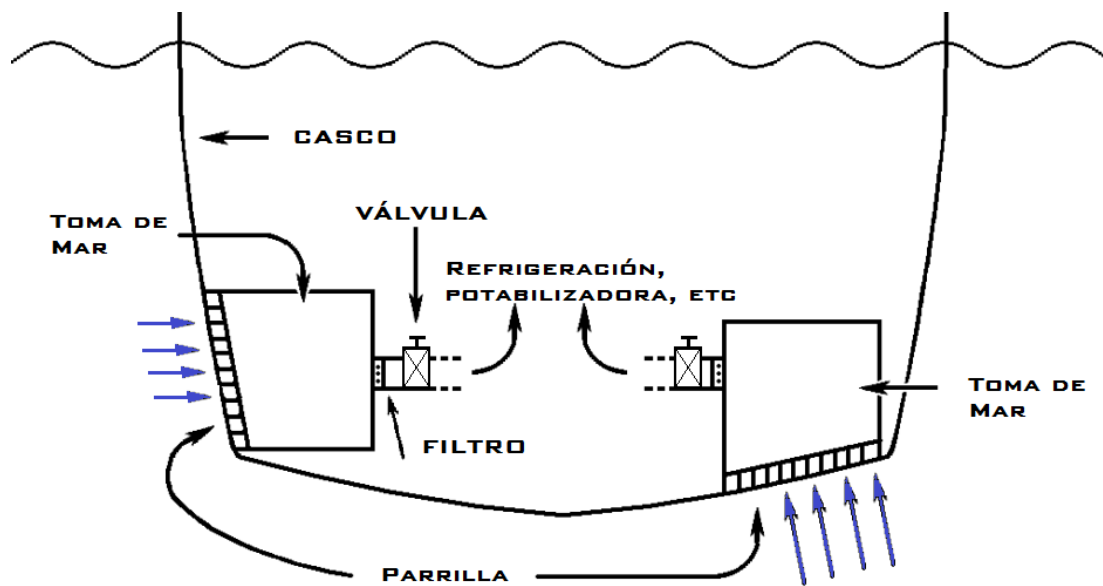


Figura 3.1 Tomas de mar. Diseñadas para captar agua del costado o de debajo del casco. Fuente: Propia

Por otro lado, tenemos los grifos de fondo. Estos hacen la misma función que las tomas de mar, pero estos suelen estar en buques cuya capacidad/consumo de agua salada es menor.

Tal y como su nombre indica, son grifos o válvulas fijados al casco por debajo de la línea de flotación, y cercanos a la quilla. Lo que permite que el agua entre o no es que tengamos el grifo o válvula abierto. Estos, aunque son más sencillos, disponen igualmente de su parrilla para evitar la entrada de elementos sólidos, así como la completa obstrucción del sistema.

La entrada de agua de los grifos de fondo estará enfocada en el sentido contrario al de avance, que es el sentido en el que el agua “se mueve” debajo del casco del buque. Esto se hace para evitar que el agua entre directamente por presión dinámica dentro del sistema. Además, conseguimos que la válvula no aguante tanta presión (si se tuviera cerrada por algún motivo) y se minimiza la probabilidad de que teniendo el grifo abierto y el motor parado este se inunde.

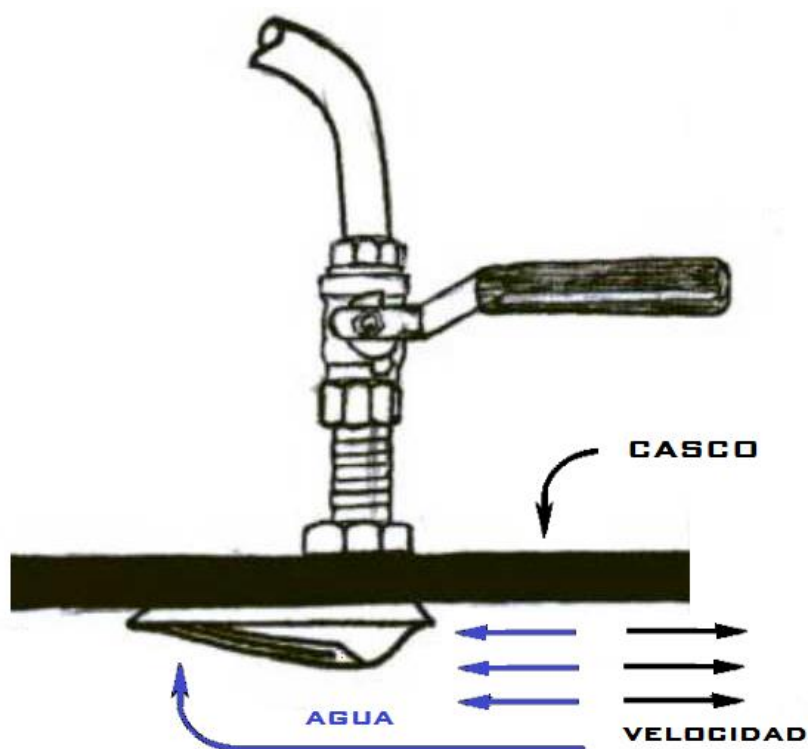


Figura 3.2 Dibujo de la correcta orientación de la entrada de un grifo de fondo. Fuente: Solé diesel

Los grifos de fondo pueden ser tanto metálicos como no metálicos, y según que material les aplica una normativa u otra: ISO 9093-1 o ISO 9093-2 (respectivamente).

Por lo que afecta a los **grifos de fondo de plástico**, poco comunes en el mercado, debe vigilarse que durante la instalación de estos y el apriete de las roscas no puedan romperse dado que el plástico no aguantará la misma fuerza/esfuerzos que un grifo de fondo de bronce.

Los grifos de fondo de plástico son una opción a valorar en barcos con el casco de acero o aluminio ya que evitan problemas de corrosión entre diferentes metales y la electrolisis.

De todos modos, los grifos de fondo de plástico tienen un uso muy menor a los metálicos, dado que estos últimos dan mucha más seguridad ya que aguantan más y son más comunes y fáciles de encontrar.

Los **grifos de fondo metálicos** suelen ser de bronce cromado. Estos no son más que llaves con una válvula de bola. Para estos grifos es importante tener en cuenta que son de un material que puede corroerse, pues es importante tomar consideraciones al respecto tales como:

- a) Aplicar el correcto mantenimiento con antioxidantes y lubricantes.
- b) Conectarlos a la masa general del barco para evitar problemas de electrolisis y por lo tanto evitar la destrucción del grifo.

Para ambos tipos de materiales, es importante siempre garantizar una correcta revisión de estado para que no se produzca vías de agua por un mal mantenimiento y conservación, así como controlar el entorno dado que no se puedan abrir/cerrar de forma involuntaria o fortuita.

Filtros de agua salada

A pesar de que los grifos de fondo suelen tener una rejilla/parrilla en su entrada para evitar la obstrucción de la toma por la aspiración de algún sólido, el agua contiene en ella otros elementos que necesitan de un elemento filtrante más denso para garantizar un nivel de filtrado que evite la posible rotura u obstrucción del sistema.



Figura 3.3 Filtro de agua salada. Fuente: Vetus

Para ello, todas las tomas de mar van seguidas de un filtro de agua salada. Los filtros de agua salada son un elemento sencillo que consta de un recipiente con una “cesta” filtrante y dos conexiones. Una de las conexiones (entrada) descarga fuera de la cesta y la segunda conexión (salida) está dentro de la cesta (*imagen adjunta a la izquierda*), por lo que el agua salada entra, llena el recipiente y las partículas quedan atrapadas en la cesta/elemento filtrante. Hay diferentes tipos y formas de filtro, pero tengan las conexiones en la parte inferior, o en la parte superior, el

funcionamiento de filtrado es el mismo: el agua debe pasar a través de un elemento filtrante para poder seguir su recorrido.

Añadir que en estos filtros la toma de salida esta lo más alta posible dentro del recipiente del filtro, para garantizar que está lejos de la parte inferior, donde se acumulan por decantación las partículas sólidas. No se encontrará nunca en la parte inferior la salida del filtro dado que en caso

de deterioro del elemento filtrante, todo el contenido sólido acumulado entraría en el equipo que se alimenta.

Bombas

Bombas de caudal adecuado y calculado según la necesidad del sistema y sección de tuberías. Estas se encargarán de bombear el agua que entra por toma de mar o grifo hasta el motor principal y hasta aquellos elementos que consuman agua salada. En el caso del sistema de refrigeración estas bombas vienen ya acopladas al motor como componente del mismo, o acoplan a ellos.

Si se trata del sistema sanitario, en el caso del agua salada para los retretes será una bomba combinada con un tanque hidroforo (grupo de presión) que permitirán mantener siempre la presión y correcto suministro de agua en el sistema. En el caso de la purificadora que cogerá agua salada para pasarla a dulce, tendremos una bomba que se activará cuando la purificadora se encienda. En muchos casos esta purificadora misma se autobombeará el agua.



Figura 3.4 Grupo de presión de bomba y tanque hidroforo para el sistema sanitario. Fuente: Xylem



Figura 3.5 Bomba de impeller acoplada mediante correa para la refrigeración del motor. Fuente: Xylem

Válvulas y tuberías

Las válvulas de dicho sistema se harán como en la mayoría de sistemas, con antiretorno para garantizar el constate avance del fluido que corre por las tuberías. En el caso de las tuberías, tendrán la misma sección que la salida del grifo de fondo, o de la válvula que permita la circulación del agua en la toma de mar.

1.3.4 Normativa aplicable

En este punto solo se incluye la normativa ISO 9093:1994. Embarcaciones de recreo. Grifos de fondo y pasacascos. Parte 1: Metálicos.

La normativa especifica las características de los grifos de fondo¹⁵ y pasacascos instalados en embarcaciones de recreo cuyo casco no sobrepase los 24 metros de eslora. Dentro de esta normativa hay dos partes diferenciadas según el material de los grifos de fondo y pasacascos sea metálico o no metálico. En el caso del Buddha's Boat, al ser metálicos, le aplica la Parte 1 (*UNE-EN ISO 9093-1:1994. Embarcaciones de recreo. Grifos de fondo y pasacascos. Parte 1: Metálicos*)

Esta normativa determina los diferentes tipos de pasacascos y los métodos de fijación en el casco en la *tabla 1* de la norma. También nos marca que el pasacascos debe ser resistente a la corrosión, protegido contra la corrosión, de fácil acceso, así como también hacer referencia al número, material y tipo de bridas con las que se fija la manguera al tubo del pasacascos y las medidas del mismo. Algunos de estos datos/requisitos varían si la embarcación es un velero.

Por ejemplo, la tubería deberá fijarse mediante doble abrazadera cuando el tubo del pasacascos tenga el extremo liso o, en caso de los veleros y motoveleros, cuando el eje del pasacascos se encuentra a menos de 300mm respecto la línea de flotación estática en condición de plena carga.

Para los grifos de fondo, estos deberán fijarse directamente al casco o a un pasacascos, y además la normativa exige:

- Que permita ver fácilmente las posiciones "abierto" y "cerrado"
- Diámetro nominal y longitudes mínimas del fileteado (*Tabla 2*)

¹⁵ Definición de grifo de fondo según el punto 3.2 de la UNE-EN ISO 9093-1:1994: Cualquier grifo ya sea de tipo esférico, cilíndrico, de obturador, de compuerta o de mariposa fijado directamente al casco o a un pasacascos.

-
- Que el diseño debe tener tales características que garanticen que ningún componente puede aflojarse ni siquiera bajo condiciones extremas.

1.3.5 BUDDHA'S BOAT: Sistema de agua salada

A bordo del Buddha's boat el agua salada se usa para refrigerar el Motor Principal y el Motor Auxiliar y para abastecer los retretes de agua. En el caso del sistema de refrigeración, cada grupo dispone de su toma de mar y filtros de agua para refrigerarse y posteriormente evacuar el agua junto con los gases de escape. Véase apartado *1.1 Sistema de escape* para más detalles.

Para el sistema sanitario, a bordo se instalará un grupo de presión igual a los que se han instalado para el suministro de agua dulce el cual alimentará los dos retretes instalados a bordo de la embarcación.

Se adjunta en el Anexo A (apartado A.3) el plano con la disposición general del sistema de agua salada.

1.4 Sistema de agua potable

Los barcos pueden estar equipados con diferentes sistemas de agua como: agua potable, agua no potable y agua para contra incendios. Es importante instalar un único sistema de agua para el suministro de agua potable.

El término agua potable hace referencia a el “agua destinada al consumo humano”. Esto incluye el agua que será para, por ejemplo, beber, cocinar, cepillarse los dientes, ducharse, lavarse las manos, lavar ropa, etc. Hay que tener en cuenta que el agua dulce mal tratada es fuente de riesgos para la salud de aquellos que la consuman, así pues, es importante diferenciar entre el agua dulce, que es aquella que obtenemos del agua salada una vez pasada por procesos de purificación i desalinización, y el agua potable, que es aquella agua dulce que ha sido tratada y almacenada en tales condiciones que le permiten ser consumida por la tripulación sin ningún riesgo de salud.

El agua a bordo, como se ha explicado anteriormente, puede generarse con los medios del buque, pero también puede ser suministrada desde tierra cuando se amarra en puerto. Tener en cuenta que, en este segundo caso, hay que vigilar que dicho sistema de tierra no nos suministre agua contaminada, e instalar sistemas de filtros/barrera para no contaminar el agua potable del barco.

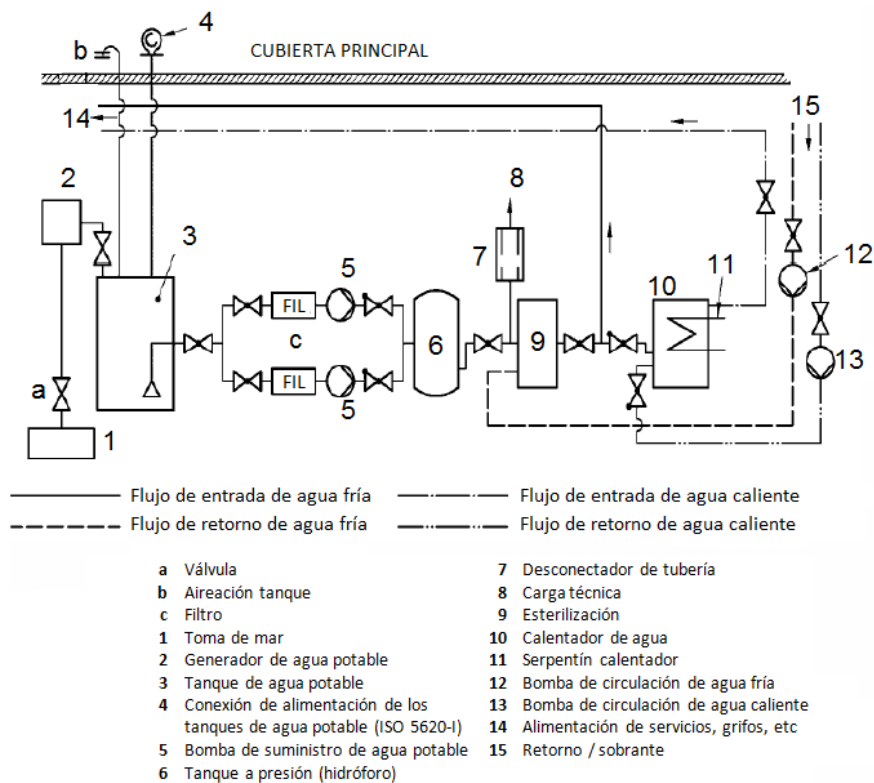


Figura 4.1 Esquema completo de un sistema de agua potable. Fuente: Sistemas navales, tema 6

Este sistema empieza gracias al sistema de agua salada. El agua de mar es captada mediante cajas de mar o grifos de fondo. Esta es bombeada hacia un generador de agua dulce. En el esquema no hay bomba entre la toma de mar y el generador, y es porque los mismos generadores de agua potable hacen la función de bombeo. Añadir que el generador de agua dulce puede tener otros nombres como purificadora, evaporador o potabilizadora.

El agua sale del generador ya potabilizada para ir al tanque de agua, y de este será bombeado para llenar el tanque a presión o hidróforo. Una vez tenemos el tanque hidróforo lleno, el sistema de generación de agua se parará cuando lo digamos, o cuando tengamos el tanque de agua potable lleno.

A partir de esta situación viene el consumo de agua. Cuando alguien abra un grifo en cocina o baños, el tanque hidróforo expulsará el agua para suministrarla. Una vez abierto este tanque hidróforo porque está suministrando agua, puede haber dos situaciones:

- El tanque hidróforo mientras va suministrando agua también está siendo llenado mediante las bombas de agua potable que mandan agua del tanque de agua, para así garantizar la continuidad del consumo.

- El tanque hidróforo suministra agua cuando se abre un grifo, y cuando baja a una cierta presión, las bombas de trasiego de agua dulce pueden bombear agua del tanque de agua saltándose el Hidróforo mediante un bypass, y entonces el hidróforo dejar de funcionar.

Estos serían los dos casos extremos, uno donde el sistema trabaja para el tanque hidróforo, y otro en que el sistema usa solo el tanque hidróforo para los primeros segundos de uso, dando tiempo a las bombas a encenderse y trabajar a la presión del sistema. Puede haber otros funcionamientos.

Una vez el agua sale del tanque hidróforo, o es pasada mediante bypass, pasaría por un esterilizador normalmente de luz ultravioleta (en los sistemas más completos) para garantizar la completa eliminación de gérmenes que puedan haber surgido durante el almacenamiento del agua.

Después de esta esterilización el agua ya se puede considerar 100% potable. A partir de aquí, el sistema se separa en agua fría y caliente.

Fría: El agua sale del esterilizador y es enviada directamente a los grifos donde quiere consumirse dicha agua. En función de que el grifo esté más abierto o no, el sistema perderá más o menos agua, pero como el sistema trabaja a presión, toda el agua que no sea consumida será o bien redirigida al esterilizador (en este esquema es así) o redirigida al tanque de agua en otros sistemas. En ambos casos se basa en la reutilización del agua que hemos potabilizado, con el objeto de no tirarla sin haber sido consumida, lo que sería paralelo a tirar la energía gastada para potabilizarla.

Caliente: El agua sale del esterilizador y es recirculada por un calentador hasta que esta alcanza la temperatura deseada. Entonces es enviada al grifo o sistema que la consumirá, y será parte de ella retornada por el mismo motivo que el agua fría. Este retorno puede ser directamente al calentador, para mantener la temperatura del agua. En el caso de que el circuito quede abierto, entonces se enviaría al tanque. Siempre que el circuito este cerrado reusaremos el agua de retorno para aprovechar la energía la usada para calentarla antes de que saliera del calentador.

Tener presente que el punto 14 de la Figura 4.1, donde se refiere a que van a grifos, también puede haber sistemas de calefacción, refrigeración de maquinaria u otros usos que pueden hacer variar el circuito de agua.

1.4.1 Componentes del sistema

Generador de agua potable

Es el elemento del sistema que se encarga de pasar el agua salada a agua potable. En estos se llevan a cabo dos procesos, que acaban resultando con la potabilización del agua: primero la desalinización del agua, y después una cloración e incluso rayos ultravioletas, aunque estos últimos a veces suelen estar después del tanque. Este generador de agua puede llamarse: desalinizadora, potabilizadora, purificadora o evaporadora; algunos nombres corresponden al sistema usado para potabilizar el agua (evaporador), y otros nada más lo llaman por lo que hace: potabilizar.

Dentro de los generadores podemos hablar de dos métodos de desalinización del agua de mar: la evaporación y la ósmosis inversa.

Evaporación

Estos generadores generalmente proporcionan agua dulce con menos de 5 partes por millón de sólidos disueltos. La fuente principal para poder llevar a cabo la desalinización es el suministro de agua caliente del circuito de refrigeración del motor.

El proceso es una destilación al vacío. Tenemos el agua de mar en vacío para que hierva a menor temperatura. Este vapor generado es pasado a través de un deflector y separador de partículas (elimina gotas y partículas extrañas) que hace que quede solamente vapor de agua puro. Entonces este vapor va a un condensador que condensa por la temperatura del agua que está entrando al generador. El agua antes de ir a evaporarse pasa por el condensador de este modo gana temperatura, nos condensa el vapor, y tarda menos en evaporarse. De este condensador saldrá el agua dulce que pasará por un medidor de salinidad, donde si esta supera las 1-10 ppm, volverá a ser dirigida a iniciar el proceso de evaporación. Toda la salmuera fruto de la evaporación se va descargando por costado del buque.

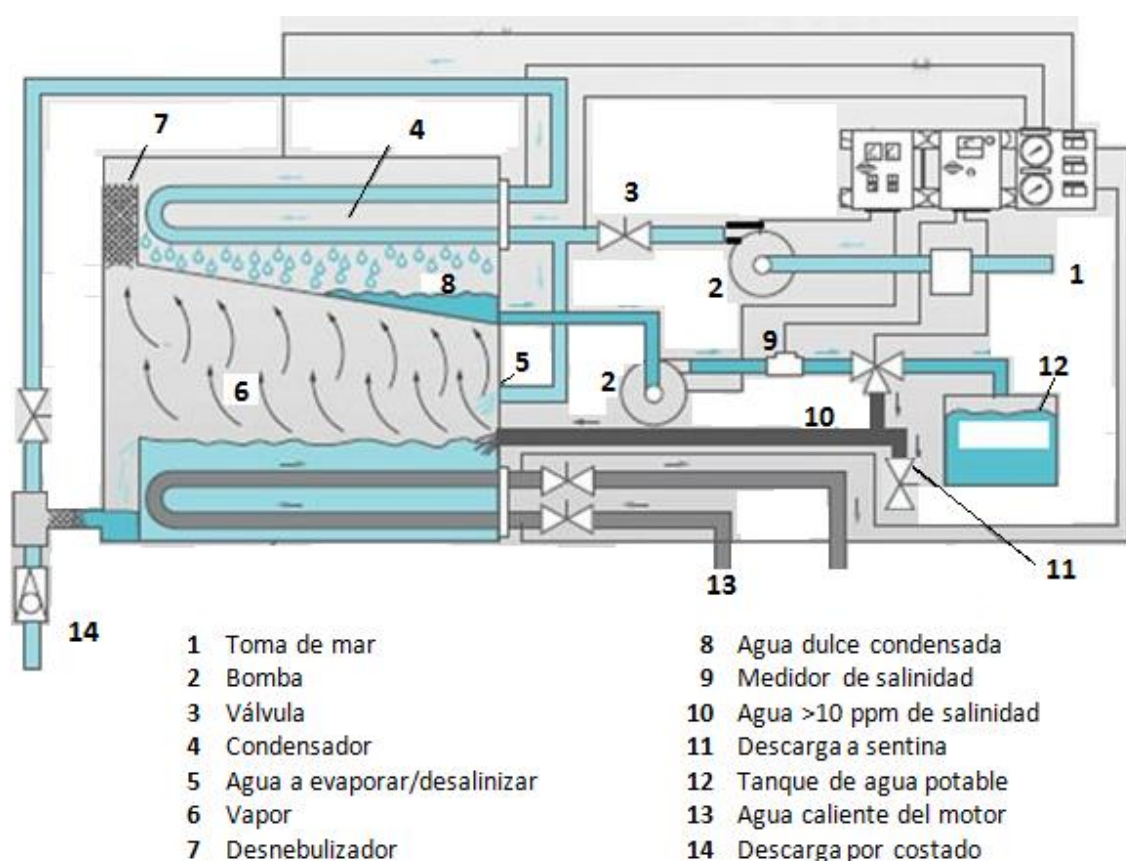


Figura 4.2 Desalinización del agua de mar. Esquema completo. Fuente: Sistemas navales, tema 6

Ósmosis inversa

Para la desalinización por ósmosis inversa, como podemos ver simplificado en la Figura 4.3, hay una zona con agua salada separada por una membrana semipermeable de la zona donde irá el

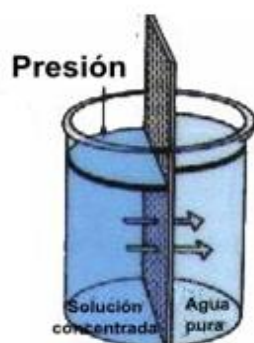


Figura 4.3 Representación de ósmosis inversa. Fuente: Sistemas navales, tema 6

agua dulce. El proceso se basa en aumentar la presión en la zona de agua salada, para conseguir que el agua pase gracias a la membrana semipermeable de la zona de alta concentración de sal a la de baja.

Mediante este proceso conseguimos que para 1 unidad de agua el 40% se convierta en agua dulce y el 55-60% en agua salobre. Es decir, mediante el proceso inverso de ósmosis, podemos conseguir pasar el agua y dejar la sal y conseguir agua que más adelante podrá ser potable.

Esterilizador/dispositivo de desinfección

En los dos métodos anteriores vemos el proceso de desalinización, es decir de la obtención de agua dulce, pero después de la generación de agua dulce esta pasará por un dispositivo de desinfección, con el que obtendremos agua potable.

Dicho dispositivo o esterilizador puede estar ya dentro del mismo generador de agua dulce, con lo que tenemos agua salada que entra al generador, y este nos suministra agua potable, o puede que tengamos que disponer de otro elemento o máquina que se encargue de convertir el agua dulce en agua potable.

El proceso de la esterilización o desinfección se realizará antes de que el agua sea depositada en el tanque. A parte de estos métodos, deben eliminarse todas las fuentes que puedan generar formación de gérmenes, asegurar un mantenimiento adecuado del sistema y el uso de filtros antes de los dispositivos esterilizadores. El proceso de esterilización puede llevarse a cabo mediante:

- **Filtrado del agua por medio de cartuchos filtrantes:** Sistema basado en cartuchos filtrantes con recubrimiento de plata que retienen las materias en suspensión en el agua y también tienen un efecto bactericida. El fenómeno de esterilización es instantáneo y no es necesaria la adición de productos químicos.
- **Irradiación por medio de luz ultravioleta:** El flujo de agua es irradiado con luz ultravioleta que tiene un efecto germicida. No es necesaria la adición de productos químicos. La esterilización es instantánea, pero sin efecto a largo plazo. El dispositivo se instalará a la salida del tanque de agua, o antes de la bomba de suministro.
- **Adición de germicidas al agua:** Hay diferentes germicidas para poder esterilizar el agua. El más usado de ellos es el proceso de *cloración*. Tal y como dicta su nombre, esto consiste en clorar el agua. Este proceso necesita un tiempo de 15 a 30 minutos para desinfectar. Mediante este método debe realizarse una comprobación permanente del contenido de los residuos de cloro y es por eso que se recomienda este uso en el caso de que se prevea o exista la probabilidad de una contaminación bacteriana.
- **Esterilización mediante calefacción:** El agua contaminada con *Legionella* no se puede desinfectar eficazmente por medio de agentes químicos por lo que se realizará una desinfección térmica. El proceso consta en calentar mediante serpentín el agua

corriente hasta mínimo 60°C y mantenerlo durante 30 minutos. A cuanta más temperatura más rápido se realizará el proceso.

Tanques hidróforos

También llamados equipo de presión o grupo de presión. Suele constar de una bomba centrífuga, un depósito acumulador y un presostato.

Este equipo se encarga de mantener la presión en un intervalo de valores y tiempo hasta que arranca la bomba porque el caudal lo requiere.

Calentador de agua

Caldera para tener agua caliente en el sistema sanitario. Dicha agua puede ser calentada mediante el agua de refrigeración del motor o de forma eléctrica mediante resistencias.

Consta normalmente de un recipiente cilíndrico con un serpentín dentro. El calentador tiene 4 entradas: dos que son la entrada y salida del agua que por un lado entrará fría y por el otro saldrá caliente, los otros dos son la entrada y salida del agua que ha refrigerado el motor que mediante un serpentín calienta el agua fría.

Válvulas y tuberías

Es importante que todos los grifos, duchas y lavabos que suministren agua potable estén conectados únicamente entre ellos, así evitamos posibles filtraciones, es decir, posible circulación de otras aguas consideradas no potables por el sistema.

La boca de llenado del sistema debe estar adecuadamente construida para que no pueda verse contaminada, ni ella ni el agua del sistema, así como marcada para evitar confusiones.

En el caso de usar mangueras para agua potable, es importante tenerlas únicamente enfocadas para este uso, así como se recomienda que las conexiones sean diferentes i especiales a fin de evitar conexiones con otras mangueras que puedan contaminar.

Respecto las válvulas del sistema, es importante que tengan sistema anti-retorno debido a cambios de presión, principalmente para evitar que agua sucia vuelva o contamine el agua del sistema, o pueda llegar a entrar en el tanque y contaminarla toda.

Todos los componentes presurizados deben poder aguantar hasta 90°C y los de servicio 70°C. Esto implica el uso de materiales y recubrimientos que tengan la aprobación de resistir 90°C, y para los grifos también 70°C. El poder aguantar esta temperatura ayuda a poder realizar la desinfección térmica.

Dichos materiales también están sujetos a no contaminar el agua con productos corrosivos u otras sustancias que empeoren la calidad del agua.

Debe también instalarse después del dispositivo de desinfección un grifo para tomar muestras del agua para poder comprobar el correcto proceso de esterilización.

1.4.2 Normativa Aplicable

El sistema de agua potable de las embarcaciones de recreo no están sujetos a ninguna normativa UNE-EN ISO.

1.4.3 BUDDHA'S BOAT: Sistema de agua potable

En el Buddha's boat, el sistema de agua potable consta de:

Tanque	
<i>Unidades</i>	1
<i>Tipo</i>	Estructural
<i>Capacidad</i>	2000 L

Calentador	
<i>Unidades</i>	1
<i>Tipo</i>	Eléctrico
<i>Voltaje</i>	220 V

Bomba de agua	
<i>Unidades</i>	2
<i>Tipo</i>	Eléctrica
<i>Fabricante</i>	FLOJET
<i>Modelo</i>	R4325-143
<i>Voltaje</i>	12 V
<i>Presión</i>	40 PSI (2.8 Bar)
<i>Caudal</i>	4.5 GPM (17 LPM)

Tanque hidrófobo	
<i>Unidades</i>	2 unidades
<i>Fabricante</i>	GIANNESCHI
<i>Capacidad</i>	20 L

Destacar en el funcionamiento del sistema que este está dividido en Proa y popa respecto cámara de máquinas (CM). En el sistema hay una bomba y un tanque hidrófobo que circula el agua para los consumidores que hay en popa (un retrete, un lavabo, una ducha y la lavadora en el pique de popa). Por otro lado hay una bomba y un tanque hidrófobo que alimentan los consumidores a proa de la CM (la cocina, un retrete, un lavabo y una ducha).

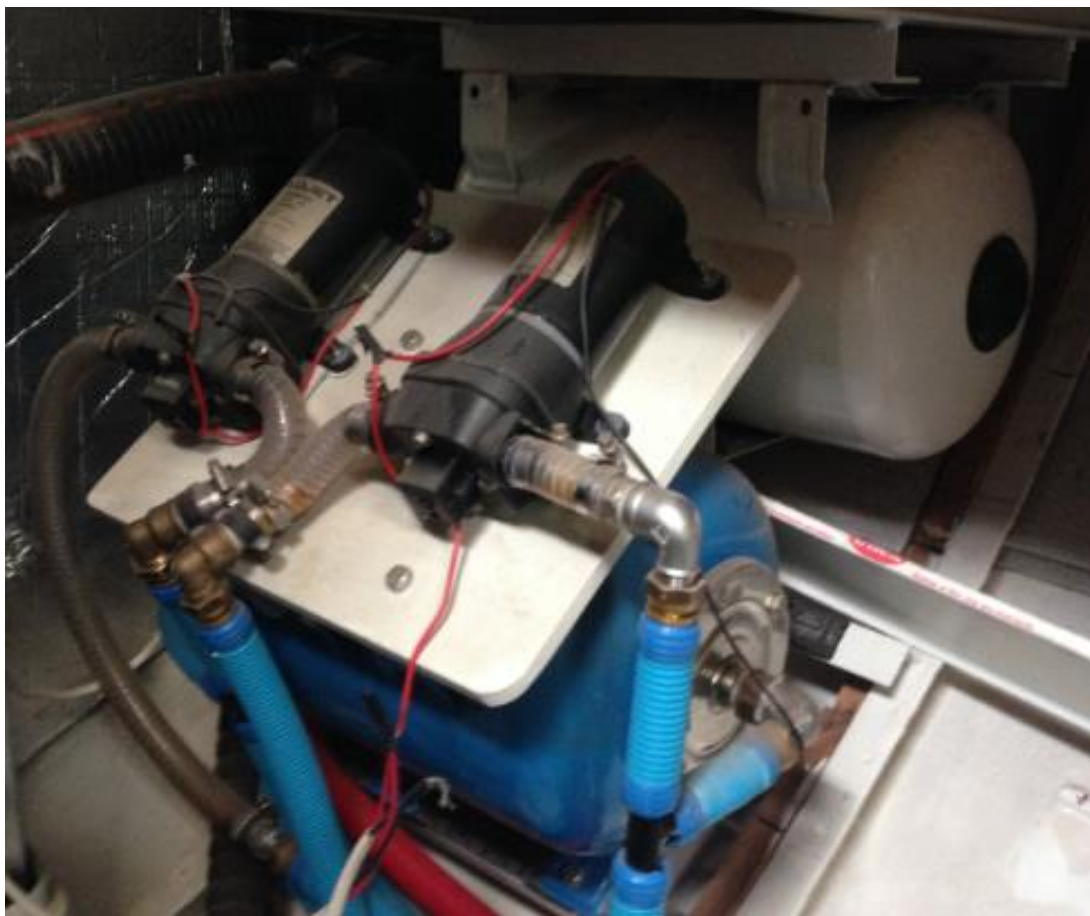


Figura 4.4 Grupo de bombas y tanques hidrófobos para el sistema de agua potable. Fuente: Propia

Esta división nos permite garantizar el suministro a todos los consumidores con una presión correcta en el circuito en caso de haber varios consumidores abiertos. Ahora bien, esta división no es total, ya que como puede verse en el plano, ambos circuitos están conectados después de pasar por el filtro con lo que en el caso de haber mucho consumo en proa, por ejemplo, toda la presión del sistema no dependerá solo de una bomba, sino que la bomba de popa si tiene menos consumidores abiertos, puede detectar la caída de presión provocada por el consumo en proa y ayudar a la bomba de proa.



Figura 4.5 Panel de distribución del sistema sanitario. Fuente: Propia

Otro aspecto a destacar es que hay dos formas de calentar el agua a bordo: la primera consiste en usar el calentador eléctrico instalado a bordo, el cual se usará mayormente durante la estancia en puerto y con el barco conectado a tierra a 220 V. La segunda consiste en aprovechar el agua de refrigeración del motor para calentar el agua: El calentador contiene en su interior un serpentín conectado al agua de refrigeración del motor. De este modo, con el motor encendido, aprovechamos el calor que absorbe el agua de refrigeración para calentar el agua de los consumidores del sistema de agua potable.

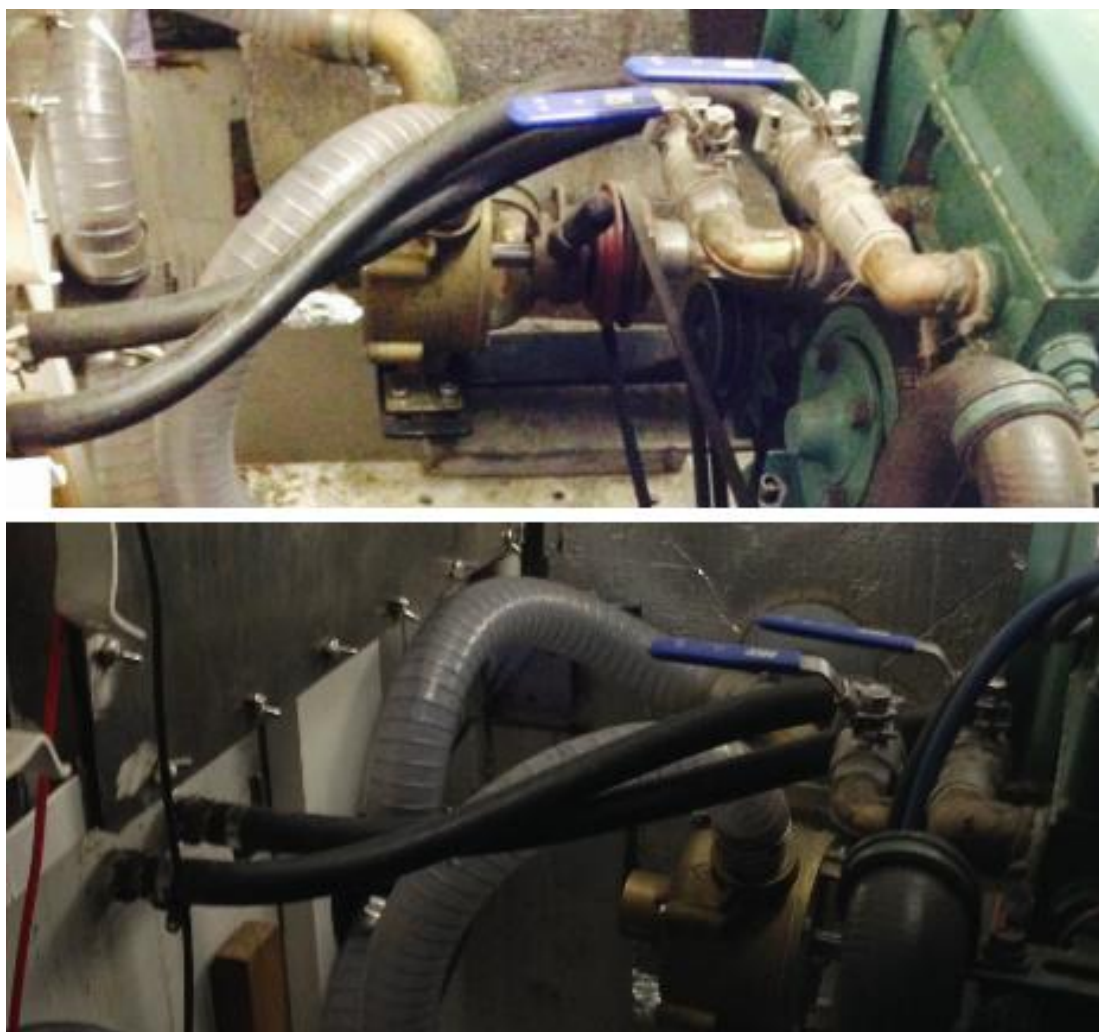


Figura 4.6 Conexión del agua de refrigeración al calentador del sistema sanitario. Fuente: Propia

En el Anexo A (apartado A.4) se puede consultar la disposición general del sistema sanitario.

1.5 Sistema de aguas negras y grises

Este sistema se basa en el tratamiento de las aguas residuales generadas en un barco, con el objeto de eliminar los contaminantes presentes en ellas para conseguir líquidos aceptables para su vertido en el medio ambiente o para su reutilización. Dichos dos conceptos comprenden:

Aguas grises: Toda el agua usada y que proviene del drenaje de cocinas, lavaplatos, duchas, lavabos. No se incluyen obviamente ni las aguas negras ni las de sentina.

Aguas negras: Residuos de los retretes y urinarios.

Para el tratamiento de las aguas negras el buque debe disponer de un sistema de retención de dichas aguas. Este sistema estará formado por una bomba conectada al WC que descarga directamente al depósito de aguas negras. Dicho depósito, donde el agua ya estará tratada y en condiciones para su descarga, podrá descargar mediante una válvula que podrá accionarse a partir de 12 millas náuticas.

Así pues, todo buque sujeto a las disposiciones del Anexo IV del Marpol estará equipado con un sistema de tratamiento de aguas sucias, un sistema para desmenuzar y desinfectar las aguas sucias aprobado por la administración o un tanque de retención que tenga capacidad suficiente a juicio de la administración para retener dichas aguas, teniendo en cuenta el servicio que presta el buque, el número de personas a bordo y todos aquellos factores que puedan afectar a la generación de aguas residuales.

Entrando en el funcionamiento del sistema, este se encarga de recoger todas las aguas residuales generadas a bordo mediante drenaje directo a un tanque. Cuando la fuente de agua es el inodoro, el sistema cambia. Partimos de la base de que el inodoro es eléctrico, con lo que cuando se tira de la cadena este mismo dispone de una bomba que hace la función de: aspirar el contenido y mandarlo al tanque, así como también hará la función de macerar el agua residual o negra que había en este. La bomba ya deja el agua y su contenido preparado para poder ser descargado en condiciones de navegación a 12 millas.

Dicha agua va al tanque de retención, donde hay 3 elementos. El primer elemento es la conexión del tanque a la cubierta para poder descargar en puerto. Por otro lado, tenemos el sistema de ventilación del tanque que suele ir provisto de un filtro del aire (6) que permite la ventilación y la retención de los olores desprendidos.

Finalmente hay la bomba de aspiración, controlada electrónicamente para poder activarla cuando estamos cumpliendo con los requisitos de MARPOL IV. Dicha bomba tendrá su descarga, que siempre será por debajo de la línea de flotación.

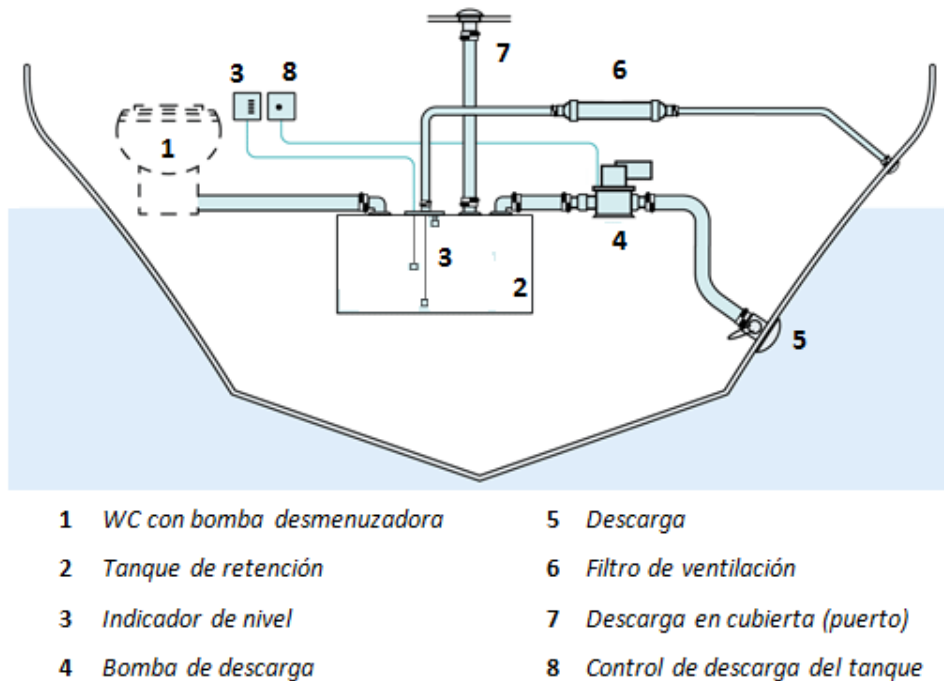


Figura 5.1 Esquema sistema de aguas negras. Fuente: Dahlberg

1.5.1 Componentes del sistema

Sin tener en cuenta todo lo que es electrónico y sistemas de control, los componentes básicos del sistema son los siguientes.

Bombas y equipo desmenuzador

En este apartado hablaremos de los elementos que ayudan al trasiego de las aguas residuales, negras y grises, des de los sistemas (duchas, inodoros, cocinas, etc) hasta el tanque de aguas residuales. Cabe destacar que cuando se hable de *equipo desmenuzador*, es que se tratan *aguas negras* seguro (también puede haber A. grises) y cuando se hable solo de *Bomba*, es que se tratan solo y únicamente *aguas grises*.

Así pues, para hacer referencia a los **equipos desmenuzadores**, debemos hablar de los inodoros. Pueden diferenciarse dos tipos de inodoros: los *inodoros marinos* y los *inodoros domésticos*.

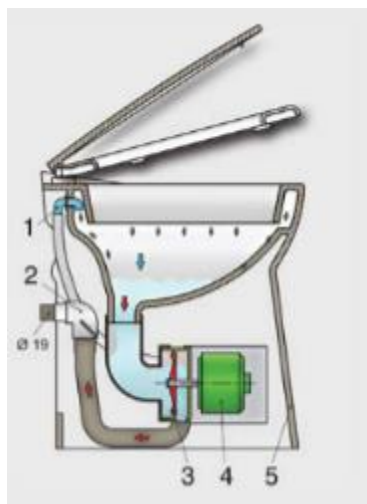


Figura 5.2 Inodoro Marino 12/24
V. Fuente: Vetus

A) Inodoros marinos: caracterizados por llevar incorporado el equipo desmenuzador. Todos disponen de una *entrada de agua limpia (1)*, de unas *cuchillas (3)* que trituran y bombean a la vez, de una *descarga del agua sanitaria (2)* hacia el tanque y del *inodoro (5)*. Ahora bien, dichos inodoros pueden dividirse según el método de accionamiento del desmenuzador:

A.1) Eléctricos: las cuchillas van conectadas a un electromotor que accionaremos desde un panel.

A.2) Manual: El Inodoro incorpora un vástago que al accionarlo repetidamente hará girar las cuchillas y hará entrar agua para la descarga.

B) Inodoros domésticos: Estos se denominan así debido a que son los mismos inodoros que se instalan en las casas. Los inodoros domésticos o “no marinos” se encuentran en buques que debido a un factor de lujo y estética instalan inodoros convencionales debido al amplio abanico de diseños, materiales y cualidades que estos ofrecen respecto los marinos.

Para poder conectar estos inodoros a los sistemas del buque, se instalan unidades compactas que disponen de un motor eléctrico que hace trabajar las cuchillas y la bomba, con lo que la unidad tritura las aguas negras y las bombea hasta el tanque de aguas negras. Cabe añadir que estos pueden estar preparados para tratar aguas grises y negras (véase Figura 5.3) ya que suelen ser instalados en buques de eslora que permiten que ambas aguas residuales compartan tanque.

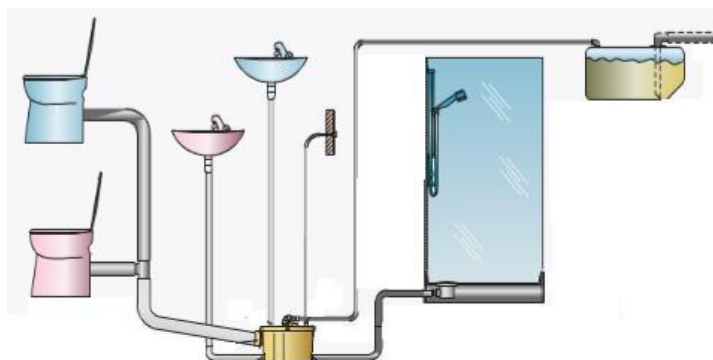
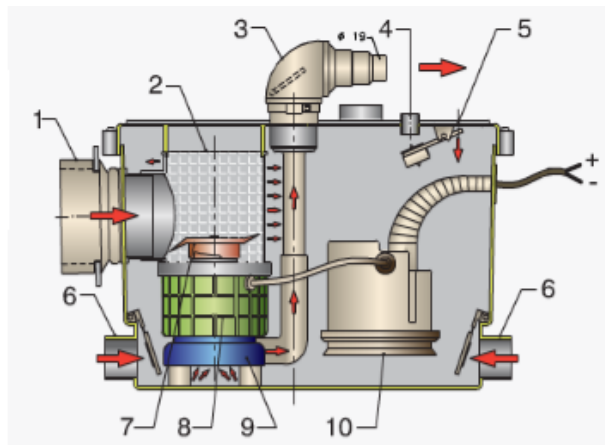


Figura 5.3 Entradas/Fuentes de un procesador compacto de aguas negras y grises. Fuente: Vetus



1. Conexión al inodoro
2. Rejilla de protección
3. Conexión para descarga de agua sanitaria
4. Respiradero
5. Conexión al lavabo
6. Conexión a ducha / lavabo
7. Cuchillas
8. Motor eléctrico
9. Bomba de descarga
10. Interruptor de nivel

Figura 5.4 Procesador compacto de aguas negras y grises. Fuente: Vetus

Respecto la imagen de arriba del Procesador compacto, Figura 5.4, cabe destacar que alrededor de las cuchillas hay una rejilla que hace doble función: aislar las cuchillas del resto de elementos del tanque, y uno más importante: obligar a que solo puedan bombearse aquellas aguas negras que han sido suficientemente trituradas como para poder pasar a través de la rejilla. Eso nos ayuda a garantizar el buen drenaje de las aguas hasta el tanque sanitario evitando así la obstrucción de la bomba o el circuito hasta el tanque.

Añadir que en este caso si no tuviéramos la rejilla y se obstruyera la bomba o el circuito, no estaríamos hablando de que solo los inodoros se obstruyen, sino que todo el sistema de aguas sanitarias quedaría inutilizable ya que todos los desagües drenan al mismo procesador.

Referente a las **bombas**, cabe decir que estas estarán para el trasiego de las aguas sanitarias desde las fuentes/sistemas hasta los tanques. Es importante también tener en cuenta que en los barcos de pequeña eslora, a diferencia de los barcos de gran eslora y numerosas cubiertas, es difícil disponer de diferencias de altura para permitir que las aguas sanitarias drenen hasta el tanque por gravedad. Así pues, hay la necesidad del uso de bombas.

En este mismo apartado hemos visto las bombas trabajando con cuchillas para el tratamiento de las aguas negras, pero también hay procesadores que solo tratan aguas grises, con lo que no disponen de cuchillas, sino solo de una bomba que es activada cuando el sensor detecta que el nivel de agua almacenada supera el nivel marcado como máximo.

Dichos procesadores son de dimensiones reducidas (300mmx165x145 - *procesador GWDS VETUS*), con lo que permiten ser instalados por debajo de los desagües de aguas grises y entonces ser bombeados hasta el tanque des del cual se descargará por costado o conexión a puerto.

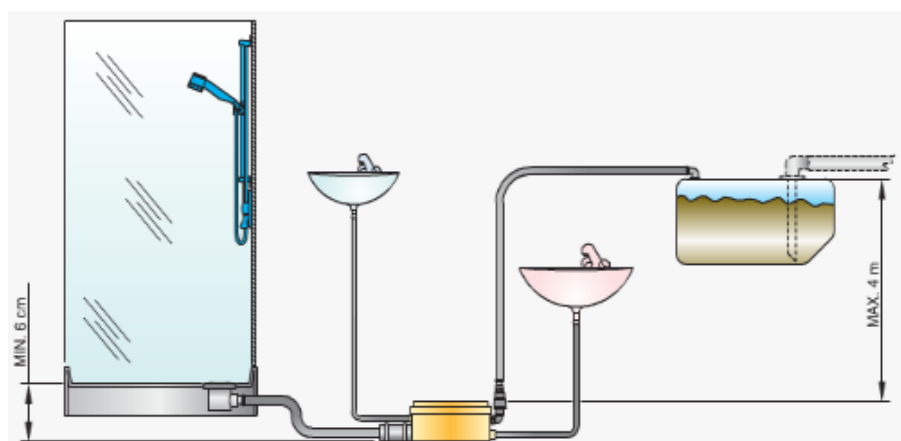


Figura 5.5 Entradas de un procesador compacto de aguas grises. Fuente: Vetus

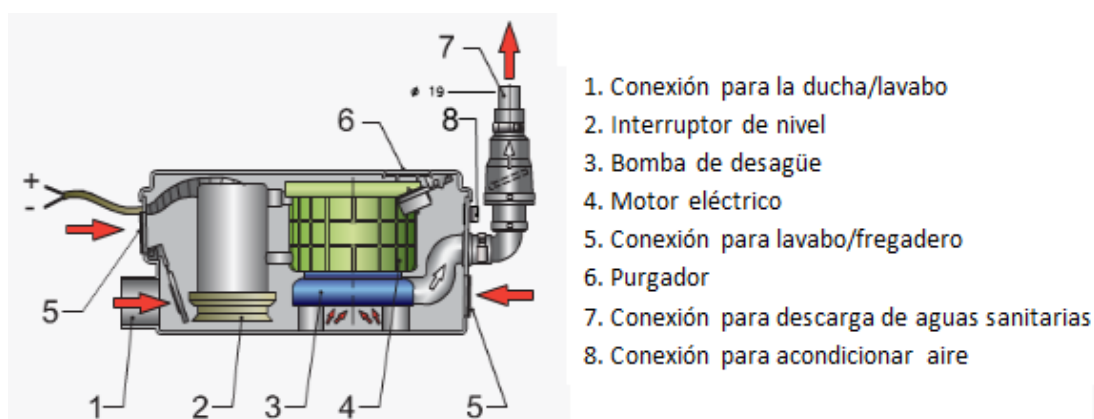


Figura 5.6 Procesador compacto de aguas grises. Fuente: Vetus

Tanque de aguas residuales: grises y negras

Primero debe hacerse constar que en función de las dimensiones del barco y por lo tanto de la cantidad de fuentes de aguas grises y negras, habrán buques donde aguas grises y negras van al mismo tanque, y otros donde aguas grises y negras tendrán tanques separados. En este último caso estaríamos hablando de un buque con muchas fuentes de aguas residuales (las de aguas grises suelen ser las que determinan si se comparte tanque).

En ellos se depositarán todas las aguas residuales que cumplan con las condiciones para poder ser descargadas. Cuando el buque cumpla las condiciones de navegación para poder descargar, se vaciará por costado.

Es importante destacar sobre los tanques la necesidad de evitar el sobrellenado mediante sensores de nivel, del mismo modo que medimos el nivel de combustible en los tanques.

Controlando el nivel, evitamos que en caso de sobrellenado, el contenido se nos vierta por la ventilación del tanque con la posible obstrucción de dicho sistema. Analizando los peores casos también cabe la posibilidad de que los gases desprendidos por el tanque pudieran llegar a presurizar (teniendo taponadas las ventilaciones por sobrellenado) y comportar daños al tanque o al entorno de este. Como se indica en este párrafo, y principalmente para los tanques de aguas negras, hay ventilaciones que permiten la entrada de aire fresco dentro de ellos para así reducir el crecimiento bacteriano y la acumulación de los gases explosivos provenientes de la putrefacción. En el extremo de las aireaciones/ventilaciones se instalan filtros para evitar que puedan escaparse olores desagradables.

Válvulas y tuberías

Las líneas del sistema deben garantizar por un lado el no retorno de las aguas, es decir garantizar un único sentido en el sistema, así como garantizar la no entrada de agua por la descarga.

El diámetro de la instalación, a pesar de estar normalizado, viene dado por la capacidad de la bomba/equipo desmenuzador. Así pues, se instalará un tubo de mayor diámetro cuando el desmenuzador sea de potencia baja, ya que eso implicará que se haya desmenuzado menos las aguas negras y por lo tanto necesitarán más espacio para descargar dado que podrá haber más elementos sólidos. Por el contrario, a mayor potencia del desmenuzador, más líquidas serán las aguas negras y por lo tanto drenarán mejor.

1.5.2 Convenio MARPOL: Descarga y tratamiento de aguas residuales

Las aguas tratadas se descargarán en navegación/mar o en puerto. En cada caso hay unas condiciones referentes al estado de las aguas y a la situación en que se encuentra el buque.

Es importante antes de hablar de la descarga de aguas negras y grises, conocer el **Convenio MARPOL** y en concreto del **Anexo IV**.

El Convenio MARPOL es un convenio internacional para la prevención de la contaminación del medio marino por los buques, a causa de factores de funcionamiento o accidentales.

En este convenio figuran pues, reglas encaminadas a prevenir y reducir dicha contaminación, y está dividida en 6 anexos. El contenido de los anexos es:

- *Anexo I: Reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos.*
- *Anexo II: Reglas para prevenir la contaminación por sustancias nocivas líquidas transportadas a granel.*
- *Anexo III: Reglas para prevenir la contaminación por sustancias perjudiciales transportadas por mar en bultos.*
- *Anexo IV: Reglas para prevenir la contaminación por las aguas sucias de los buques.*
- *Anexo V: Reglas para prevenir la contaminación ocasionadas por las basuras de los buques.*
- *Anexo VI: Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques.*

En lo que afecta a las aguas negras y grises, el anexo que aplica es el *Anexo IV*. De forma resumida, en este anexo se establecen prescripciones para controlar la contaminación del mar por aguas sucias: la descarga de aguas sucias al mar está prohibida a menos que el buque utilice una instalación de tratamiento de aguas sucias aprobada o descargue aguas sucias previamente desmenuzadas y desinfectadas mediante un sistema aprobado, a una distancia superior a 3 millas náuticas de la tierra más próxima, o a una distancia superior a 12 millas náuticas de la tierra más próxima si no han sido previamente desmenuzadas ni desinfectadas.

Este convenio contempla los problemas/consecuencias de las aguas sucias como:

“La descarga en el mar de aguas sucias sin depurar puede presentar riesgos para la salud humana. Además, las aguas negras pueden provocar el agotamiento del oxígeno y una contaminación visual obvia en zonas costeras, lo que supone un serio problema para los países que explotan sus recursos turísticos.

Aunque las fuentes principales de aguas sucias producidas por los seres humanos son generadas por actividades terrestres, como las de los alcantarillados municipales o de las instalaciones de tratamiento de aguas sucias, la descarga de aguas sucias en el mar desde los buques también contribuye a la contaminación del mar.”

Conocido este contenido se diferenciarán dos situaciones según donde se produzca la descarga:

- a) Descarga en navegación/mar.
- b) Descarga en puerto.

Descarga en navegación/mar

La descarga de aguas sucias en el mar será permitida cuando el buque tenga en funcionamiento una instalación de tratamiento de aguas sucias aprobada o cuando las aguas sucias han sido desmenuzadas y desinfectadas con un sistema aprobado.

Como indica el MARPOL IV, se considera que en alta mar las aguas pueden asimilar y descomponer las aguas sucias sin depurar mediante una acción bacteriana natural. Por tanto, las reglas del Anexo IV marcan las descargas de aguas sucias en el mar dentro de una distancia especificada según la tierra más próxima:

ZONA	OPCIÓN DE DESCARGA
<i>Aguas portuarias Zonas protegidas Rías, Bahías, etc</i>	<i>Prohibida cualquier descarga, ni siquiera con tratamiento</i>
<i>Hasta 3 millas</i>	<i>Permitida la descarga con tratamiento. Ni sólidos ni decoloración</i>
<i>Desde 3 millas hasta 12 millas</i>	<i>Se permite desmenuzada y desinfectada. Para descargar el tanque, la velocidad de la embarcación debe ser >4 kn</i>
<i>Más de 12 millas</i>	<i>Permitida en cualquier condición. Para la descargar el tanque, la velocidad de la embarcación debe ser >4 kn</i>

Tabla 5.1 Zonas y condiciones para la descarga de aguas residuales. Fuente: IMO

En la náutica de recreo no se suele disponer a bordo de plantas o equipos que permitan el tratamiento de las aguas sucias para poder ser descargadas entre 3 y 12 millas náuticas debido a la relación Coste-Dimensiones-Usos de estos equipos.

Descarga en puerto

Referente a la descarga de aguas sucias en puerto, MARPOL IV indica que los gobiernos están obligados a proveer instalaciones adecuadas en los puertos y terminales para la recepción de aguas sucias sin causar retrasos a los buques comerciales. Para la náutica de recreo, lo más

habitual es que se disponga de un equipo móvil o una estación donde el armador pueda ir con la embarcación y realizar la descarga.

Dicha descarga consiste en la conexión de la embarcación al sistema de vaciado (fijo o móvil) del puerto. Sobre dicho proceso u operación es importante conseguir la estanqueidad en el sistema, la cual depende directamente de la buena instalación tanto en posición como en diseño de la conexión de cubierta para la descarga.

1.5.3 Normativa aplicable

El sistema está sujeto a la normativa específica del sistema *ISO 8099:2000 Embarcaciones de recreo. Sistema de retención de desechos de instalaciones sanitarias (aseos)*, y a una norma general vista anteriormente ISO 9093-1:1997 que regula los grifos de fondo y pasacascos.

Referente a la ISO 8099:2000, norma específica del sistema, marca los requisitos para el diseño, construcción e instalación de sistemas de los sistemas de retención temporal de aguas fecales para su posterior evacuación.

Los requisitos generales de esta normativa son:

- Correcto funcionamiento del sistema a una temperatura comprendida entre +1°C y +60°C así como también, estando vacío, resistir una temperatura ambiente de -40°C a +60°C.
- La instalación impida la emisión de gases nocivos procedentes del sistema al interior de la embarcación.

Hay requisitos que ya se cumplirán des del momento que se compre material aprobado y certificado para este sistema en concreto. A grandes rasgos los fabricantes para poder suministrar y recibir aprobación de su producto deben garantizar que los materiales son resistentes a los efectos de:

- Aguas fecales
- Agua dulce (considerando que pueda contener impurezas, aguas fecales de sistemas de aseos, etc)
- Sustancias recomendadas por el fabricante del sistema (anticongelantes, desinfectantes, etc)
- Compuestos químicos que puedan producirse fruto del funcionamiento del sistema.

Por lo que afecta al diseño e instalación del sistema, estos deben garantizar que el sistema de retención de desechos de los aseos tenga las características de **Funcionamiento** que permitan que el sistema puede descargar tanto las aguas fecales de los aseos como del sistema de retención cuando:

- La escora del barco es de 20º a babor o estribor.
- El asiento de la embarcación es de 10º a proa o popa.

así como también de **accesibilidad de accesorios y conexiones** garantizando que estos serán accesibles para su inspección y mantenimiento.

Dentro de las características del sistema, la normativa indica que:

a) El **dispositivo antirretorno** deberá impedir

- Retorno del contenido en el sifón.
- Subidas de gases del depósito.

Ambos en condiciones de ángulo de escora hasta 30º (para veleros monocasco) y asiento de 10º a proa o popa.

b) El **escape de aguas fecales** del depósito al exterior de la embarcación deberá impedirse, mínimo, hasta 30º de escora (veleros monocasco) con el depósito al 90% de capacidad y al interior de la embarcación bajo las máximas condiciones de escora y asiento correspondiente a 45º para embarcaciones monocasco a vela.

c) En términos de **situación y accesibilidad**:

- los accesorios de descarga en cubierta deben ser de fácil acceso y estar situados de tal forma que se impida la contaminación de las conexiones de llenado tanto de agua potable como de combustible.
- Los tanques de capacidad superior a 40 L deberán tener una abertura hermética de líquidos y gases con una abertura mínima de 75mm.
- Los tanques no pueden compartir techo, fondo o costados con ningún tanque de agua potable ni combustible.

Referente a la ventilación del sistema con **tanques de retención fijos**, la normativa exige:

- Para capacidad inferior a 400 L de retención, el diámetro mínimo interior del tubo de ventilación será de 19mm o no inferior a 16mm en caso de disponer de válvula de seguridad automática¹⁶. con área mínima de 1100 m². Esta válvula debe poder bloquearse en posición “cerrada”.
- El sistema debe soportar una contrapresión de 50 kPa, que vendrá marcado por los diámetros de cada elemento y certificación del fabricante.
- Sistema debe estar preparado para permitir la descarga del 90% del contenido por cubierta.

Por último y referente a la descarga, la normativa indica que las medidas del dispositivo de bombeo en cubierta debe:

- Ser conforme la figura 5.7 (medidas en milímetros) de la norma y con tapa de estanqueidad.

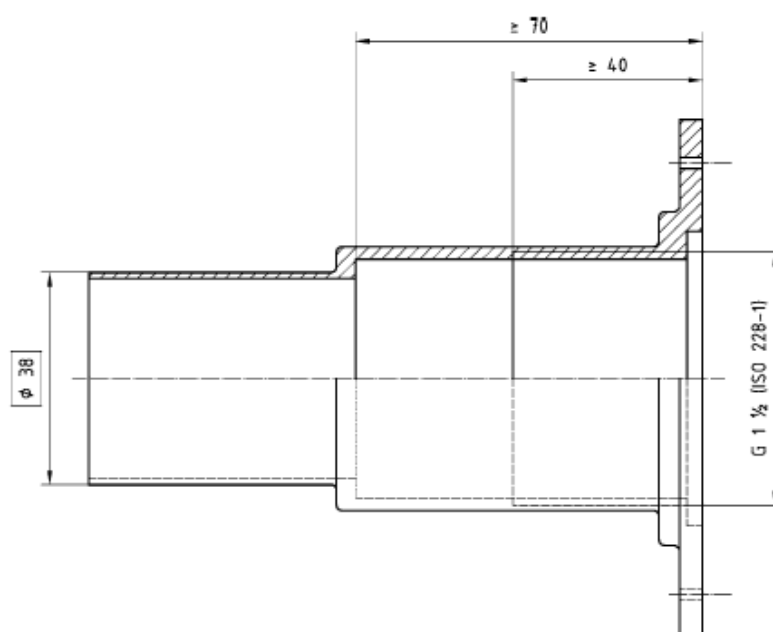


Figura 5.7 Medidas del dispositivo de descarga a cubierta. Fuente: ISO 8099:2000

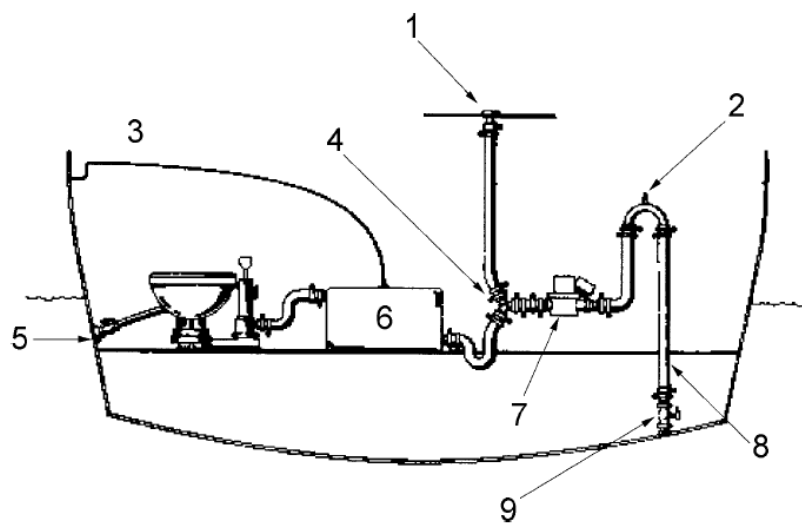
¹⁶ Señalizar mediante símbolo o escrito en las proximidades de la descarga en cubierta que se debe abrir la válvula antes de descargar.

- Estar identificado, en el desagüe o proximidades, con el símbolo de la figura 5.8.



Figura 5.8 Símbolo de dispositivo de descarga en cubierta. Fuente: ISO 8099:2000

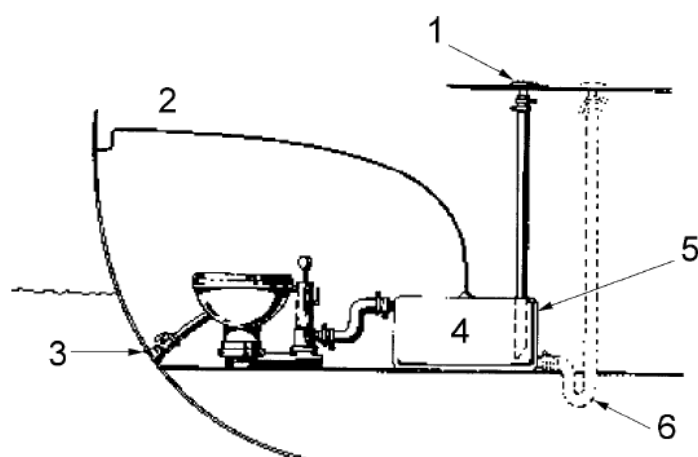
La normativa también incluye a título informativo el Anexo B donde se presentan dos ejemplos de instalaciones típicas de sistemas de retención de aseos mostrando los diferentes tipos de descarga y combinación de ellos.



Leyenda

- 1 Dispositivo de descarga en cubierta
- 2 Un dispositivo antirretorno puede resultar necesario si el sistema se encuentra por debajo de la línea de flotación
- 3 Ventilación
- 4 Válvula en "Y"
- 5 Toma de mar en el casco
- 6 Depósito de retención
- 7 Bomba maceradora
- 8 Descarga al mar
- 9 Válvula

Figura 5.9 Sistema de retención de aseos con bombeo a cubierta y descarga al mar. Fuente: ISO 8099:2000



Leyenda

- 1 Dispositivo de descarga en cubierta
- 2 Ventilación
- 3 Toma de mar en el casco
- 4 Depósito de retención
- 5 Tubo de sondaje
- 6 Codo de limpieza

Figura 5.10 Sistema de retención con descarga únicamente a cubierta. Fuente: ISO 8099:2000

1.5.4 BUDDHA'S BOAT: Sistema de aguas negras y grises

En el momento de realización y cierre de este trabajo el sistema de aguas negras y grises es uno de los sistemas que no se han instalado aún a bordo del Buddha's Boat en su proceso de refit.

De todos modos, se tiene proyectado y contemplado como deberá ser la instalación. A falta de confirmar los modelos, la embarcación tendrá instalado un sistema de recolección de aguas negras y grises mediante un tanque centralizado para todas las "fuentes" que permitirá la descarga por cubierta y por costado.

En el Buddha's boat hay 4 puntos donde se generarán este tipo de residuos y aguas.

Lavabo de Popa En popa dispondrá de un lavabo con ducha, retrete y lavamanos. Para la ducha y el lavamanos la descarga del desagüe al tanque será por gravedad dado el residuo es un líquido.

Para el retrete, se quiere instalar un lavabo eléctrico que macerará y bombeará los residuos hasta dentro del tanque.

Lavabo de Proa Para los camarotes de proa hay un lavabo con el mismo número de fuentes y tipo que en el de popa: una ducha, un lavamanos y el retrete.

Así pues, la ducha y el lavabo descargarán al tanque por gravedad y el retrete también eléctrico lo hará gracias a la bomba incorporada que lleva.

Cocina	En la cocina habrá una fuente de aguas negras y grises seguro, que será el fregadero para lavar los platos. Como segunda fuente podría haber un lavaplatos eléctrico a 220V, pero la instalación de este se plantea eliminar dado que estando en fondeo y durante unos días, el uso del lavavajillas implicaría una saturación tanto del tanque de aguas negras como una escasez de agua en el sistema de agua potable.
Pañol Popa	En el pañol de popa el armador quiere instalar una lavadora. La instalación de una lavadora al igual que la del lavavajillas, van estrechamente ligados a la necesidad de una descarga de aguas negras y grises más frecuente, así como un suministro de agua potable desde tierra. La instalación de una lavadora en la embarcación, al igual que con el lavavajillas, puede verse cancelada principalmente por la falta de medios en los puertos para descargar de forma cómoda y rápida los tanques de aguas negras y grises.

Todos estos puntos descargarán a un tanque que dispondrá de 4 salidas/orificios:

- a) Instalación del sensor de nivel.
- b) Respiradero del tanque por encima de flotación.
- c) Descarga del tanque por cubierta.
- d) Descarga del tanque por debajo línea de flotación.

Así pues, en el Buddha's Boat se tiene la opción de descarga al mar y por cubierta y siempre pasando por el tanque de aguas negras y grises. Para la descarga por cubierta el sistema es tan simple como un pasacascos en cubierta conectado mediante manguera al tanque, aunque de todos modos cabe añadir que es difícil encontrar en todos los puertos las instalaciones o medios necesarios para poder realizar este tipo de descargas.

De todos modos, esta embarcación está enfocada a dar servicios de chárter y por lo tanto hará muchos movimientos de punto A a punto B, y se aprovechará la descarga por costado para poder vaciar el tanque durante navegación acorde con los requisitos exigidos por la normativa vigente.

Para la descarga por costado, el tanque dispondrá en una de sus conexiones de una bomba maceradora eléctrica que se activará desde el cuadro eléctrico cuando el Capitán vea que se cumplen las condiciones para descargar las aguas negras y grises.

En algunas embarcaciones que tienen lavabos manuales o eléctricos que maceran los residuos, se dispone de una válvula de 3 vías que permite elegir si se quiere que el lavabo bombee hasta el tanque o descargue por costado directamente. A bordo del Buddha's se contempló esta opción, pero dado que estas válvulas suelen estar cerca del lavabo y por lo tanto al alcance de cualquier persona, se descartó para evitar cualquier problema o error en zonas rodeados de otros barcos fondeados.

En el Anexo A (apartado A.5) se adjunta el plano con la disposición general del sistema de aguas negras y grises a bordo del Buddha's boat.

1.6 Sistema de achique y contraincendios

El sistema de achique garantiza la evacuación de todo el agua y líquidos que puedan recogerse en las sentinas de los barcos.

Las sentinas son aquellos espacios por debajo de la cubierta inferior o interior donde se recogen todos los líquidos que puedan entrar dentro de la cubierta estanca. Estos líquidos pueden venir de fuera como por ejemplo agua salada que se embarca debido al oleaje y la existencia de alguna grieta, falta de estanqueidad en ventanas o pasacascos/grifos de fondo o incluso por haber ventanas abiertas, hasta líquidos dentro de la cubierta estanca procedentes de fuga en sistemas (aceite, agua, etc) como tuberías de aceite, agua o los mismos tanques de almacenaje.

Este sistema consta pues de bombas que impulsan por las tuberías los líquidos desde las sentinas hasta el exterior del barco a través de pasacascos por encima de la línea de flotación.

En embarcaciones de mayores esloras, el sistema de achique también es conocido como *Sistema de Achique y Contra incendios*, o incluso *Sistema de Achique, Baldeo y Contra incendios*. En cualquier embarcación pueden combinarse estos 3 sistemas, pero para pequeñas esloras y embarcaciones de recreo el sistema de Achique suele instalarse de forma independiente a otros sistemas o como mucho combinado con el de Contraincendios.

Referente al sistema de contraincendios en combinación con el de achique, se consigue la opción de poder atacar los fuegos con agua, en este caso salada. Esta combinación consistiría en conectar la bomba del motor a una toma de mar, de modo que con la correcta combinación de válvulas abiertas y cerradas:

- La bomba sería parte del sistema de achique vaciando las sentinas del barco.
- La bomba, conectada a una toma de mar en la entrada y a una manguera en la salida, sería parte del sistema de contraincendios porque bombearía agua salada para atacar a cualquier fuego en el radio de actuación de la manguera.

Cabe añadir que fuera de este caso donde usaríamos bombas acopladas al motor para bombear agua salada hasta una manguera o varias mangueras dispuestas en la embarcación, en las embarcaciones de hasta 24 metros de eslora el sistema de contraincendios suele constar de elementos portátiles tipo extintores o de sistemas fijos de inundación por CO₂. Este último consta de una bombona de CO₂ que podrá ser activada de forma manual o a distancia.

1.6.1 Componentes del sistema

El sistema de Achique consta principalmente de Bombas y tuberías. La combinación de estos permite que las bombas trasieguen los líquidos hasta el exterior del casco a través de un pasacascos por encima de la línea de flotación.

Bombas

Las bombas son el elemento principal en el sistema de achique, dado que son las que achican los líquidos al exterior. Pueden clasificarse en 3 tipos:

A) Bombas Eléctricas: Son bombas que se activan mediante el cierre de un circuito eléctrico. Las bombas pueden ser pues activadas de dos maneras:

Bomba Eléctrica Manual: Bomba que entra en funcionamiento cuando de forma intencionada mediante pulsador o interruptor se activa. Remarcar que estas bombas solo achicaran el agua si una persona las activa a propósito.

Bomba Eléctrica Automática: Bomba que dispone de un sensor de nivel y se activa (bombee) cuando sube el nivel de agua y para de forma automática cuando baja el nivel de nuevo.

Existe también la opción de usar Boyas o Interruptores flotadores. Estos no son más que un interruptor de nivel que se activa cuando el agua llega a un nivel.

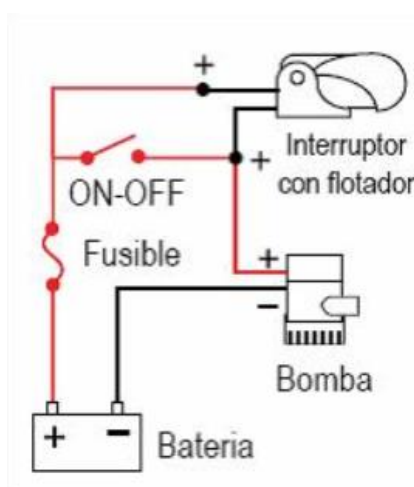


Figura 6.1 Esquema de conexión para hacer funcionar una bomba eléctrica manual de forma automática mediante interruptor de flotador. Fuente: DH Nautica

Conectando uno de estos interruptores en paralelo (Figura 6.1) a una bomba de achique eléctrica manual, se consigue que la bomba se encienda de forma automática cuando suba el nivel de líquido, del mismo modo que lo haría una Bomba Eléctrica Automática.

B) Bombas Manuales: Bombas que de forma manual se generan los ciclos que bombearán el agua. Estas bombas tienen un caudal muy inferior a cualquier bomba eléctrica, y dependerá también según los ciclos por minuto que consiga cada persona o el tiempo se pueda aguantar bombeando por cansancio físico.

C) Bomba acopladas: Estas son bombas que se acoplan al motor principal, y que mediante una correa del eje del motor a la bomba pueden evacuar el agua fuera del barco.

Estas bombas pueden acoplarse al motor de forma Manual o de forma electromagnética desde el puente del barco o cerca de la zona de pilotaje.

Válvulas y tuberías

Para el sistema de achique se usan mangueras de aspiración con reforzado de espiral metálica.

Referente a las válvulas, se instalan válvulas de esfera en el pasacascos por donde las bombas descargan los líquidos en sentinas.



Figura 6.2 Manguera con espiral metálica. Fuente: Propia

1.6.2 Normativa aplicable

El Sistema de achique está sujeto a las normativas *UNE-EN ISO 9093*, *UNE-EN ISO:8849*, *UNE-EN ISO 15083* y *UNE-EN ISO 9094*. Esta última, *UNE-EN ISO 9094* hace referencia a los sistema de contra incendios.

UNE-EN ISO 9093: especifica las características de los grifos de fondo¹⁷ y pasacascos instalados en embarcaciones de recreo cuyo casco no sobrepase los 24 metros de eslora. Dentro de esta normativa hay dos partes diferenciadas según el material de los grifos de fondo y pasacascos sea metálico o no metálico. En el caso del Buddha's Boat, al ser metálicos, le aplica la Parte 1 (*UNE-EN ISO 9093-1:1994. Embarcaciones de recreo. Grifos de fondo y pasacascos. Parte 1: Metálicos*)

Esta normativa determina los diferentes tipos de pasacascos y los métodos de fijación en el casco en la *tabla 1* de la norma. También nos marca que el pasacascos debe ser resistente a la corrosión, protegido contra la corrosión, de fácil acceso así como también hacer referencia al número, material y tipo de bridas con las que se fija la manguera al tubo del pasacascos y las medidas del mismo. Algunos de estos datos/requisitos varían si la embarcación es un velero.

Por ejemplo, la tubería deberá fijarse mediante doble abrazadera cuando el tubo del pasacascos tenga el extremo liso o, en caso de los veleros y motoveleros, cuando el eje del pasacascos se encuentra a menos de 300mm respecto la línea de flotación estática en condición de plena carga.

Para los grifos de fondo, estos deberán fijarse directamente al casco o a un pasacascos, y además la normativa exige:

- Que permita ver fácilmente las posiciones "abierto" y "cerrado"
- Diámetro nominal y longitudes mínimas del fileteado (*Tabla 2*)
- Que el diseño debe tener tales características que garanticen que ningún componente puede aflojarse ni siquiera bajo condiciones extremas.

UNE –EN ISO 8849: Esta norma marca las características a cumplir por las bombas de sentinas eléctricas de CC instaladas para achicar el agua acumulada en las sentinas de embarcaciones de eslora inferior a 24 metros de eslora. Las bombas a las que aplica esta normativa son a aquellas operadas eléctricamente con una fuente de CC de tensión inferior a 50 V, es decir, 24V o 12V. Esta normativa está complementada por las normas:

¹⁷ Definición de grifo de fondo según el punto 3.2 de la UNE-EN ISO 9093-1:1994: Cualquier grifo ya sea de tipo esférico, cilíndrico, de obturador, de compuerta o de mariposa fijado directamente al casco o a un pasacascos.

-
- ISO 8846:1990: Pequeñas embarcaciones. Equipos eléctricos. Protección contra la inflamación de los ambientes gaseosos inflamables.
 - ISO 10133:2000: Pequeñas embarcaciones. Sistemas eléctricos. Instalaciones de corriente continua a muy baja tensión.
 - CEI 60529:2001: Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).

Por ejemplo, algunas de las referencias de la normativa con las 3 mencionadas arriba, es: que las bombas de sentinas y los dispositivos que permiten el funcionamiento automático de las bombas estarán protegidos contra la inflamación de acuerdo con ISO 8846 y ISO 10133. Estos requisitos, por ejemplo, son requisitos que deberá cumplir el fabricante para cumplir con el marcado europeo CE, el cual es necesario para permitir la venta de las bombas. Nosotros estaremos cumpliendo con estas normativas cuando instalemos una bomba con el marcado europeo CE, i no por motivos/diseño/disposición de la instalación.

La normativa exige el uso de un cable eléctrico estanco al agua y que la conexión de este a la bomba sea mediante un sistema estanco. Dicha conexión deberá estar también por encima del nivel normal de agua en sentinas.

Se exige que las bombas que pueden funcionar de forma automática dispongan de un conmutador manual para poder activar la bomba si fallase el sistema automático.

UNE-EN ISO 15083: Se encuentran definidos los requisitos en tipo, número y emplazamiento de las bombas en las embarcaciones así como indicaciones de cómo deben ser las bombas. Estas indicaciones son mayormente de cumplimiento del fabricante para poder comercializar sus bombas.

Referente al tipo y número de bombas la normativa se resume en la *Tabla 2* de la normativa adjunta seguidamente:

Tabla 2
Resumen de requisitos de las bombas de sentinas

Tipo de embarcación	Características de la embarcación	Tipo de bomba	Requisitos de la bomba de sentinas o de los medios de achique	Apartado
Embarcaciones abiertas y con cubierta parcial			Véase el manual del propietario	5.1.2
Categorías de diseño A, B, C, D				
Embarcaciones con cubierta completa	Puesto de gobierno expuesto	Bomba principal	1 bomba manual (altura de carga de agua menor de 1,5 m)	5.1.3.2 a)
			1 bomba manual, mecánica o eléctrica (altura de carga de agua igual o mayor de 1,5 m)	5.1.3.2 b)
	Puesto de gobierno protegido	Bomba secundaria	1 bomba manual, mecánica o eléctrica	5.1.3.3
		Bomba principal	1 bomba manual, mecánica o eléctrica	5.1.3.2 c)
Embarcaciones con cubierta completa	L_H mayor de 6 m	Bomba principal	1 bomba manual, mecánica o eléctrica	5.1.3.2
Categorías de diseño D	L_H menor o igual de 6 m	Bomba principal	1 bomba manual, para alternativas, véase el manual del propietario	5.1.3.2

Tabla 6.1 Tabla 2 con los requisitos de tipo y número de bombas de sentinas. Fuente: ISO 15083:2003

Y se complementa con que las bombas de sentinas en embarcaciones con *Cubierta Completa*¹⁸ no deberán ser menores a:

- 10 l/min en embarcaciones donde: $L_H^{19} \leq 6$ m.
- 15 l/min en embarcaciones donde: $6 \text{ m} < L_H < 12$ m.
- 30 l/min en embarcaciones donde: $L_H \geq 12$ m.

Y con las bombas sometidas a una contrapresión de 10 kPa.

(5.3) Para bombas de sentinas manuales, la capacidad nominal deberá determinarse considerando 45 ciclos por minuto

Por último la normativa exige 11 puntos o consideraciones a tener en cuenta para la instalación de el sistema de achique:

¹⁸ *Cubierta Completa*: Embarcación en la que la proyección horizontal del área total de diseño corresponde a una combinación de:

- una cubierta y una superestructura estancas al agua y/o
- cabinas y nichos de achique rápido acorde con ISO11812 y/o
- nichos estancos acorde con ISO 11812 con volumen inferior a $L_H B_H F_M / 40$

Todos los dispositivos de cierre son estancos al agua acorde con ISO 12216

¹⁹ *Eslora del casco según ISO 8666*

-
- (7.1) Bombas se instalarán en una zona accesible para su mantenimiento y limpieza.
- (7.2) Las tomas de agua de las bombas se instalarán y concebirán con el objeto de impedir la aspiración de cualquier objeto que pueda obstruir o causar fallo a la bomba.
- (7.3) Las Mangueras flexibles no se aplastarán debido a la succión de la propia bomba.
- (7.4) Se instalarán las bombas y tuberías reduciendo al máximo las restricciones de caudal.
- (7.5) Las descargas estarán por encima de la línea de flotación (embarcaciones a motor con escora de 7º y embarcaciones de vela el valor inferior entre escora de 30º o nivel de cubierta en eslora media) a menos que se instalen los grifos de fondo según ISO 9093 y haya algún medio para evitar el retorno del flujo hacia la embarcación.
- (7.6) Si dos bombas descargan por el mismo pasacascos se debe garantizar que entre ellas no se descarguen agua y que el funcionamiento simultáneo no limite la capacidad de bombeo.
- (7.7) Las mangueras flexibles se acoplarán con abrazaderas no corrosivas o acoplamientos fijos.
- (7.8) Los motores sumergibles se colocarán por encima del nivel de agua de Sentina.
- (7.9) Las bombas eléctricas automáticas se deberán poder accionar fácilmente de forma manual.
- (7.10) Los dispositivos de control automáticos deben tener un indicador visual que muestre que la bomba está bajo tensión y lista para funcionar de forma automática.
- (7.11) Se instalarán las bombas manuales de tal forma que puedan funcionar con su capacidad nominal de acuerdo con el apartado 5.3.

UNE-EN ISO 9094: Esta normativa contiene los procedimientos para conseguir una práctica protección contra incendios a bordo. Especifica los equipos portátiles y fijos para la lucha contra incendios. En esta normativa hay dos partes:

-Parte 1: Embarcaciones de eslora inferior o igual a 15 m

-Parte 2: Embarcaciones de eslora superior a 15 m

Dada la eslora del Buddha's Boat, a este le aplica el apartado 2 (ISO 9094-2:2002). Esta normativa está relacionada con 12 normas que van desde normativas del sistema de combustible, al de instalación eléctrica hasta la ventilación de cámara de máquinas.

En la ISO 9094 hay requisitos que afectan a la disposición y diseño de la embarcación como que los compartimentos donde haya motores de combustión estarán separados de los espacios cerrados de habitación y que las sentinas que puedan contener vertidos inflamables deben ser accesibles para su limpieza.

1.6.3 BUDDHA'S BOAT: Sistema de achique y contraincendios

En el *Buddha's boat* el sistema de CI consta de un extintor en la cámara de máquinas que puede ser accionado desde el interior de la cámara de máquinas o a distancia que sofocaría cualquier fuego dado que se inundaría la sala de CO₂ hasta que el fuego se extinguiría por falta de comburente.

Respecto al sistema de achique consta de un conjunto de 8 bombas tanto manuales, eléctricas y mecánicas donde todas las bombas eléctricas disponen de un caudal >>30 l/min. La presencia de más o menos bombas en una misma sentina, así como del caudal (GPH/LPH²⁰) de ellas, va directamente relacionado con el volumen de la sentina que achican. Así pues nos encontramos, según la localización de la sentina:

	C. Proa	C. Popa	C. Pique Proa
<i>Tipo</i>	(x1) Eléctrica	(x1) Eléctrica	(x1) Eléctrica
<i>Fabricante</i>	Rule Mate	Rule Mate	Rule Mate
<i>Modelo</i>	RM500A	RM500A	RM500A
<i>GPH/LPH</i>	500/1890	500/1890	500/1890
<i>Voltaje</i>	12V	12V	12V
<i>Amperaje</i>	2A	2A	2A

Tabla 6.2 Distribución y características de bombas en sentinas. Fuente: Propia

²⁰ Unidad de medida del caudal. GPH, gallons per hour / LPH, litres per hour. La relación de conversión es: 1 GPH = 3.78 LPH

Las tres sentinas tienen un volumen muy pequeño (Camarotes de proa, popa y pique de proa) y disponen de este tipo de bomba que por medidas y caudal se ajusta al volumen/espacio entre el plan del camarote y el plan de la sentina.

Esta bomba puede accionarse automáticamente mediante un sensor de nivel, o accionarse manualmente desde el cuadro eléctrico.



Figura 6.3 Bomba eléctrica Rule Mate RM500A. Fuente: Propia

	Salón	
<i>Tipo</i>	(x1) Eléctrica	(x1) Manual
<i>Fabricante</i>	Johnson Pump	Whale
<i>Modelo</i>	L4000	Mk5 Universal Pump
<i>GPH/LPH</i>	4000/15120	-
<i>GPM/LPM</i>	-	11-17,5/46-66
<i>CPM</i>	-	45-70
<i>Voltage</i>	12 V	-
<i>Amperios</i>	15 A	-

Tabla 6.3 Disposición de bombas en salón. Fuente: Propia

En el **salón** se encuentra otra sentina de gran volumen como en CM y en esta encontramos dos bombas. En comparación a CM, aquí no disponemos de la tercera bomba mecánica debido a que no podemos aprovechar la transmisión de un motor dada su inexistencia. En esta sentina, por su volumen y criticidad en caso de no poder vaciarse, nos encontramos con bombas eléctricas y manuales con el objeto de garantizar su achique en cualquier situación (navegación, puerto o fondeo).



Figura 6.4 Bomba manual Whale Mk5 Universal Pump. Fuente: Propia



Figura 6.5 Bomba Eléctrica Johnson Pump L4000. Fuente: Propia

	C. Máquinas		
<i>Tipo</i>	(x1) Eléctrica	(x1) Manual	(x1) Mecánica
<i>Fabricante</i>	Johnson Pump	Whale	desconocido
<i>Modelo</i>	L4000	Mk5 Universal Pump	desconocido
<i>GPH/LPH</i>	4000/15120	-	desconocido
<i>GPM/LPM²¹</i>	-	11-17,5/46-66	-
<i>CPM</i>	-	45-70	-
<i>Voltage</i>	12 V	-	-
<i>Amperios</i>	15 A	-	-

Tabla 6.4 Bombas en cámara de máquinas. Fuente: Propia

En **cámara de máquinas** hay 3 bombas. Ser de las sentinas de mayor volumen en el barco y también la que está debajo del motor son los motivos principales de tener 3 bombas. Al tener cerca el motor, se puede instalar una tercera bomba (mecánica) en CM que se engrana o desengrana manualmente según se necesite usar o no y funciona mediante transmisión por correa con el motor. De este modo, sin importar la situación en la que esté el barco (navegación, puerto o fondeo) se puede bombear agua de la sentina con 3 bombas a la vez, o mínimo con una seguro, evitando que en el peor de los casos la planta/motor caiga por inundación.

²¹ Unidades de medida del caudal. "GPM, gallons per minute/LPM, litres per minute". En bombas manuales se usan minutos dado que su uso suele ser puntual, de minutos. En ambas unidades se muestran 2 valores: la menor corresponde al caudal bombeado con 45 carreras/min (CPM) y la mayor al caudal bombeado con 70 carreras/min.

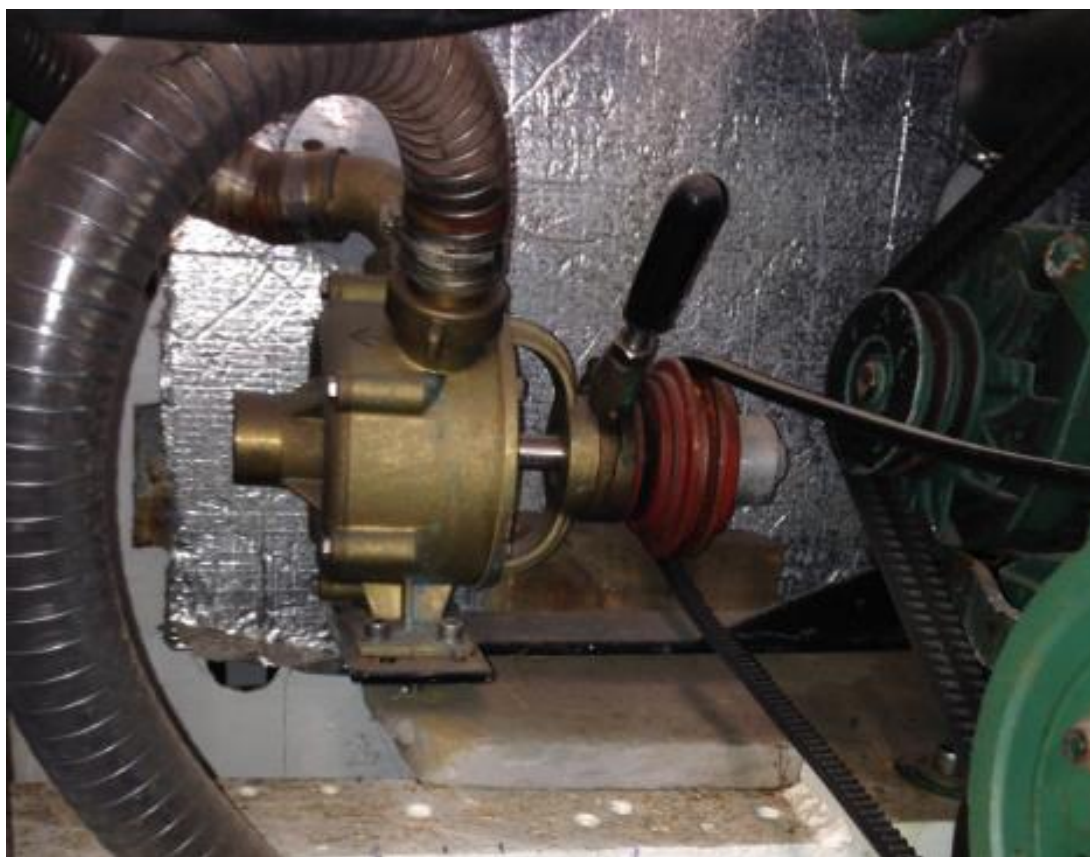


Figura 6.6 Bomba mecánica instalada en cámara de máquinas. Fuente: Propia

Cabe destacar en este sistema que tanto en la sentina de Cámara de Máquinas, como en la del Salón la bomba eléctrica está montada sobre un soporte (Figura 6.5). Primero, dada la dificultad para trabajar dentro de estas sentinas, este soporte nos permite la extracción de la bomba y por lo tanto el poder trabajar cómodamente en el mismo plan que el operario y segundo nos separa la bomba del fondo y por lo tanto de las sedimentaciones. Este soporte durante navegación está fijado para evitar el movimiento de las bombas en sentina.

Como puede comprobarse, el Buddha's boat, una embarcación con *Cubierta completa y puesto de gobierno expuesto*, dispone de tanto la bomba principal y secundaria exigida por la ISO 15083. Cabe añadir que todas las sentinas disponen de una bomba de achique, excepto las de mayor volumen que disponen de bombas manuales y hasta una bomba

mecánica en Sala de Máquinas. Todas ellas (eléctricas) están preparadas para ser activadas de forma automática o manual.

Por lo que afecta las descargas y al tener dos mástiles, todas las descargas están provistas de su válvula de cierre, así como de un antiretorno en caso de conseguir un importante grado de escora de la embarcación.

En el Anexo A (apartado A.6) se adjunta el plano con la disposición general del sistema.

1.7 Sistema hidráulico

El sistema hidráulico es aquella instalación que nos permite el accionamiento de un elemento o equipo mediante la presión hidráulica.

Dentro de la náutica de recreo las principales aplicaciones en las que el sistema hidráulico se implementa es:

- Timones
- Hélices de proa
- Elementos basculantes (compuertas, plataformas de baño, etc)

Todos estos sistemas, del más complejo al más sencillo, se pueden simplificar en 3 zonas:

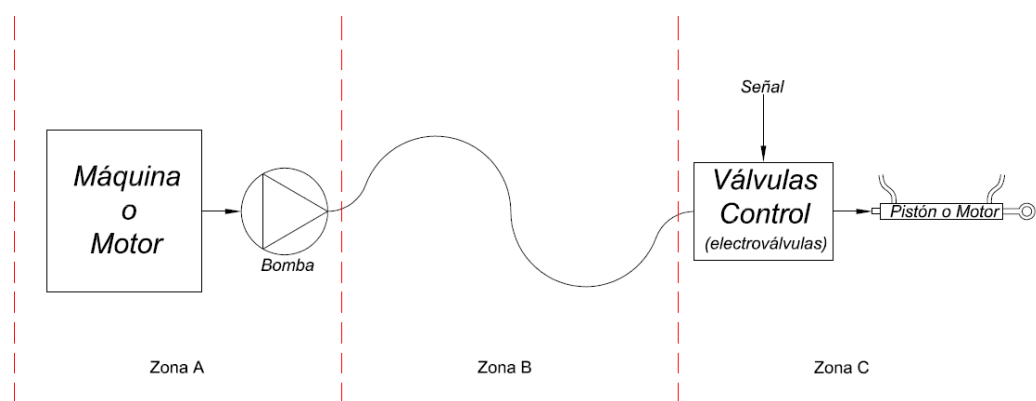


Figura 7.1 Diferenciación de zonas según tipo de energía. Fuente: Propia

A) Zona de conversión de energía mecánica/eléctrica a hidráulica

El aceite se bombea por el sistema a través de una bomba que puede ser accionada de 3 formas:

Eléctrica: accionada mediante el sistema 12/24V instalado a bordo de la embarcación.

Mecánica: acoplada a la polea del motor principal mediante correa de transmisión.

Manual: accionada mediante la fuerza que ejerce una persona. Estas solo son para el control de timones, donde al girar la rueda del timón o "volante" gira una bomba que va acoplada al eje.

B) Zona de transmisión

Instalación de latiguillos con los que se interconectan los elementos de la zona A, donde se genera la fuerza hidráulica, con la zona C, donde se transmite la fuerza hidráulica.

C) Zona de conversión de energía hidráulica a mecánica

Zona donde el aceite, bombeado y distribuido por las zonas anteriores, actúa sobre un pistón o motor que hará que gire el timón, que funcione la hélice de proa, etc

Partiendo de esta base, el sistema hidráulico puede complicarse o simplificarse más o menos según la eslora de la embarcación, el tonelaje o el número de elementos instalados al sistema hidráulico, pero resumiendo habrá una primera zona donde se generará la fuerza hidráulica, una segunda de transmisión y una final de aplicación de la energía hidráulica.

1.7.1 Componentes del sistema

Como se ha podido ver en la introducción, en un sistema hidráulico hay 3 tipos de componentes esenciales en los sistemas hidráulicos: bombas, *válvulas de dirección*²² y pistones o actuadores.

Bombas

Según accionamiento

En un sistema hidráulico se pueden encontrar 3 tipos de bombas, según el método de funcionamiento de estas: *manual, eléctrico o mecánico*.

Las bombas **manuales** se encuentran en embarcaciones de pequeñas esloras, donde la fuerza ejercida por una persona es suficiente para bombear el fluido. Al ser embarcaciones de pequeña eslora los latiguillos por donde circula el aceite son cortos, por lo que la magnitud de pérdidas de carga es mínima. Un ejemplo de bomba manual las encontramos en las direcciones de las embarcaciones con motores fuera borda.

Estas bombas tienen en su eje acoplado el volante del timón, por lo que cuando el tripulante hace girar el volante, está haciendo girar un eje que corresponde al eje de la bomba.

²² *Válvulas de dirección, válvulas de control o electroválvulas.*



Figura 7.2 Ejemplo de bomba manual. Al eje se le acopla la rueda de timón. Fuente: Ultraflex

Las bombas **eléctricas** son bombas de 12/24 V que se instalan en un sistema hidráulico principalmente porqué las dimensiones del sistema son tales, que con una bomba manual podría perderse eficiencia y transmisión de energía hidráulica, por la distancia que hay entre el puente y los pistones de accionamiento del timón. Las bombas eléctricas permiten pues garantizar una mayor potencia hidráulica.

Así mismo, la instalación de bombas eléctricas permite una modernización del sistema y ahorro en líneas de tubos hidráulicos. Un sistema con instalación eléctrica permite que la bomba se instale cerca de los pistones del timón, y mediante la señal que envía un transmisor a la bomba cuando se hace girar la rueda del timón, esta se activa y se disponen las electroválvulas según exija el sentido de rotación de la rueda. Algunas bombas pueden girar en ambos sentidos, y se evita el uso de electroválvulas.

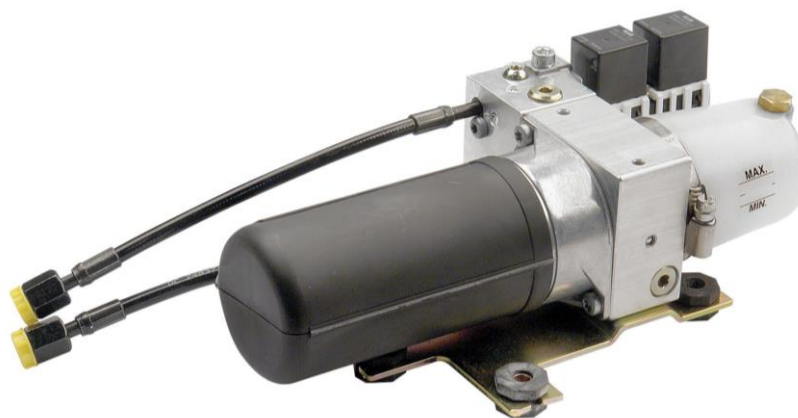


Figura 7.3 Ejemplo de electrobomba y doble sentido de giro. Fuente: Vetus

Finalmente, se encuentran las bombas **mecánicas**, que van acopladas al motor principal de la embarcación mediante correa de transmisión. Estas bombas se encuentran en sistemas donde los equipos hidráulicos exigen una elevada potencia hidráulica, es decir, en embarcaciones de mayor eslora y peso en rosca, donde debido a la mayor superficie de timón o velocidad que puede alcanzar la embarcación, los timones ofrecen más resistencia al giro. Así mismo, también las encontraremos en embarcaciones que dispongan de hélices de proa hidráulicas.

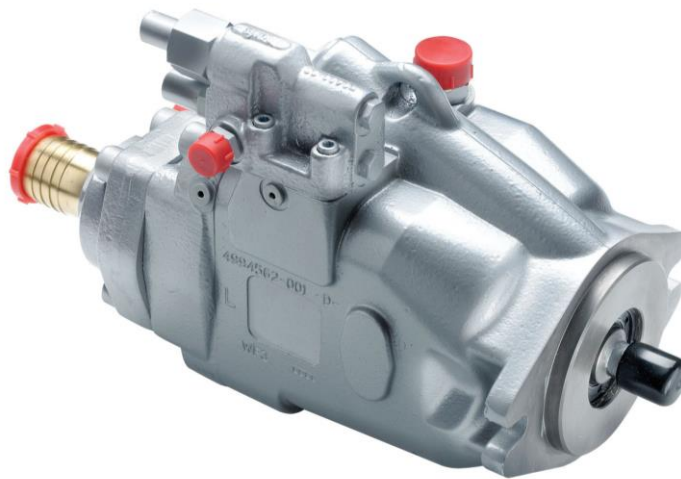


Figura 7.4 Ejemplo de bomba hidráulica. Fuente: Vetus

En muchas embarcaciones hay una disposición de doble bomba, pero con mismo tanque de aceite. Se disponen de dos bombas ya que una bomba alimenta al sistema hidráulico del timón y la otra a la hélice. En caso de disponer solo de una bomba podría ser posible que no se disponga de suficiente presión para hacer funcionar correctamente los timones o la hélice de proa. A nivel de maniobras es muy importante disponer de la máxima potencia hidráulica necesaria, ya que en caso de no ser así, una entrega insuficiente de potencia a la hélice de proa o los timones podría dar como resultado una colisión con el puerto o con otras embarcaciones.

Según funcionamiento interno:

Según la forma de bombeo, el funcionamiento interno, caben destacar dos tipos: *bombas de engranajes* y las *bombas axiales de pistón*.

Las **bombas de engranajes** consisten en bombas donde dentro de la carcasa de la bomba los elementos que rotan son engranajes que impulsan el aceite.

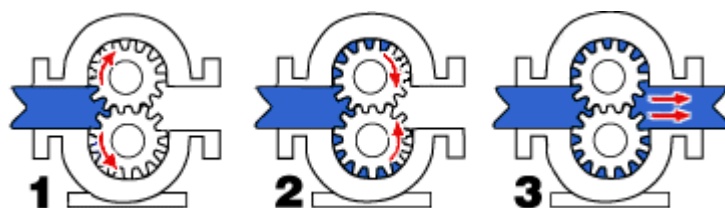


Figura 7.5 Bomba de engranajes. Fuente: pump school

Hay bombas con dos engranajes, otras donde hay solo uno, así como también las hay concéntricas y excéntricas. Fuera de estos detalles, al final el funcionamiento reside en el mismo principio.

En el caso de la bomba ilustrada en la Figura 7.5, hay dos engranajes, el que gira y el que es girado. El eje de la bomba solo tiene un engranaje, y el giro de este provoca el movimiento en el segundo engranaje. Los dos engranajes, los cuales están bien ajustados para no permitir el paso del aceite entre ellos, giran y hacen recorrer el aceite por el trayecto más largo dentro de la bomba para conseguir transmitir la máxima velocidad al fluido.

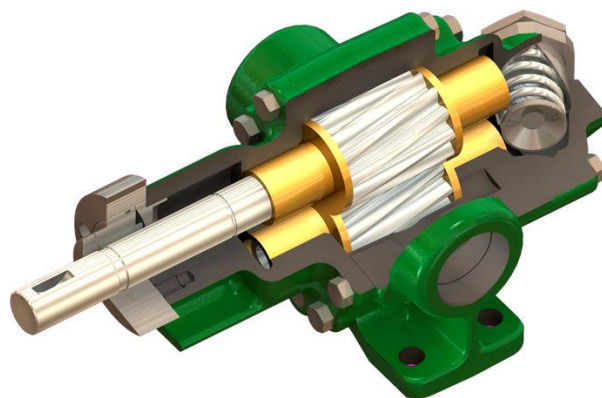


Figura 7.6 Visión 3D de una bomba de engranajes. Fuente: Direct industry

El segundo tipo a destacar con las **bombas axiales de pistones**. Estas bombas tienen un funcionamiento similar a las bombas de émbolo.

Las bombas de pistones consisten en un disco inclinado concéntrico con el eje de giro de la bomba. A este eje se le disponen un seguido de pistones los cuales se irán expandiendo y comprimiendo y por lo tanto cogiendo y expulsando el aceite debido a la inclinación del plato.

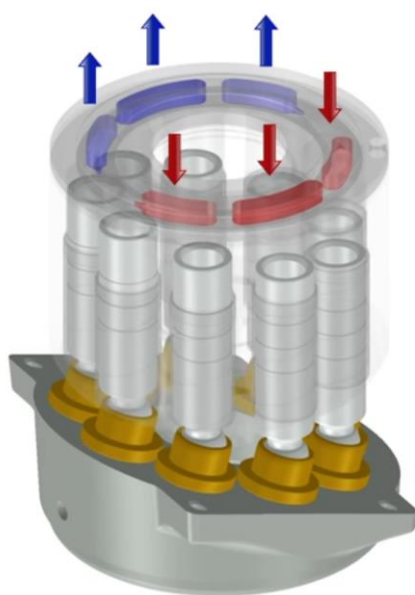


Figura 7.7 Pistones y flujo del aceite. Fuente: Ms-hydraulic

En la imagen de arriba se pueden ver los pistones y las zonas de entrada y salida del aceite. En esta imagen el sentido de giro es antihorario. Los pistones en la zona roja están bajando o expandiendo, y por lo tanto llenándose de aceite. Cuando llegan a la zona azul es cuando el disco empieza a subir y por lo tanto los pistones se comprimirán, y por ello el aceite será expulsado.

Se puede ver que el plato inclinado es un bloque entero fijo. Hay otro tipo de bombas axiales que en lugar de ser un bloque, es un plato al que un pistón según tenga más o menos presión, lo inclina más o menos haciendo que la bomba bombee mayor o menor cantidad de aceite al sistema.

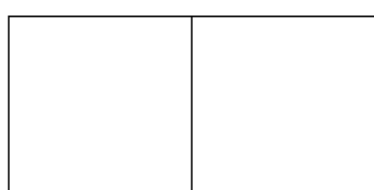
Válvulas de Control

Son cuerpos con pasajes internos que según la posición de un carrete interno permitirán que se interconecten unos pasajes u otros.

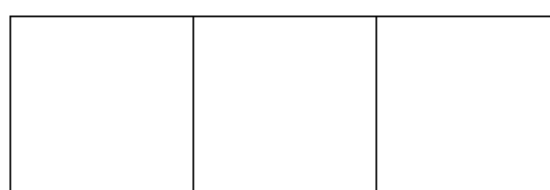
Este carrete puede ser accionado de forma manual, hidráulica, eléctrica o neumática. El hecho de ser accionadas de una forma u otra va relacionado con las dimensiones del sistema y motivos de seguridad. Por ejemplo, tendremos unas válvulas que se accionaran de forma eléctrica (electroválvulas) pero estarán preparadas con una palanca para permitir seguir usando los timones de forma manual en caso de que la conexión eléctrica fallase por cualquier motivo.

Las válvulas se caracterizan por las posiciones que tenga (posiciones en las que se puede mover el carrete) así como también por el número de vías que haya. Todas las posiciones tendrán el mismo número de vías.

NÚMERO DE POSICIONES

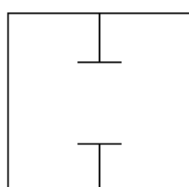


2 posiciones

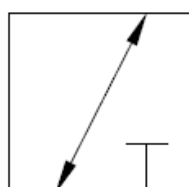


3 posiciones

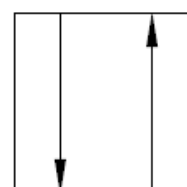
NÚMERO DE VÍAS



2 vías



3 vías



4 vías

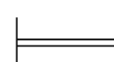
ACTUADORES



Resorte



Pedal



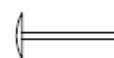
Manual



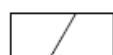
Pistón



Palanca



Botón



Solenoide



Piloto
neumático



Piloto
hidráulico

Figura 7.8 Características de las válvulas de control. Fuente: Propia

Pistón/Motor

Es el punto donde la fuerza hidráulica generada y transmitida en el sistema se convierte en energía mecánica y acciona la hélice, timón o equipo de funcionamiento hidráulico.

1.7.2 Ejemplos de sistemas hidráulicos

Ejemplo 1

Vistos los componentes, ahora se pueden juntar y ver algunos ejemplos de sistemas hidráulicos con más o menos complejidad.

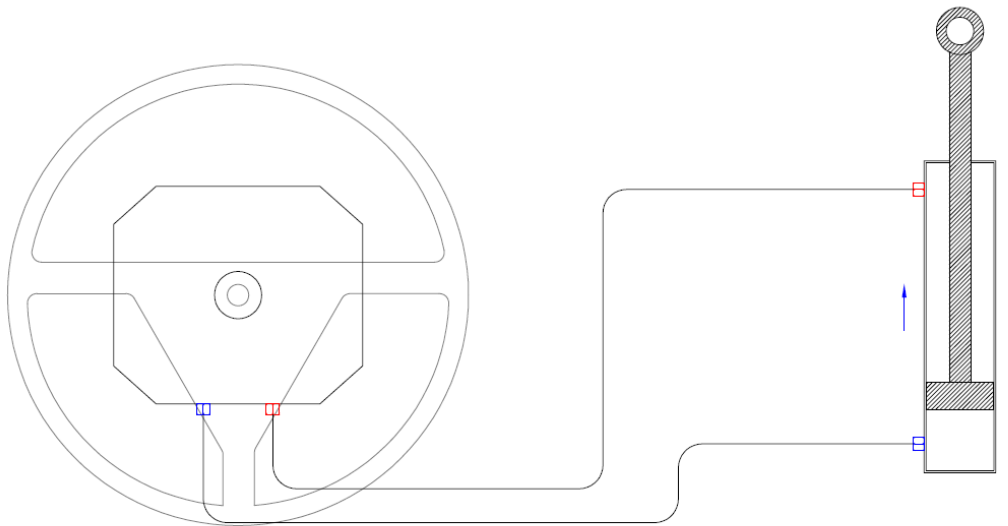


Figura 7.9 Sistema hidráulico de: rueda de timón y pistón. Fuente: Propia

Empezando por el esquema más sencillo, en la Figura 7.9 se dibuja la configuración que hay en las embarcaciones tipo RIB así como en pequeñas esloras alrededor de 5 m. Esta configuración consiste en una bomba manual que funciona girando la rueda del timón, y según se gire en un sentido u otro el pistón se expandirá o comprimirá. En este caso, cuando el aceite sea bombeado por el costado azul, el pistón se expandirá. Por lo contrario, cuando se bombee por el costado rojo el pistón se comprimirá.

Ejemplo 2

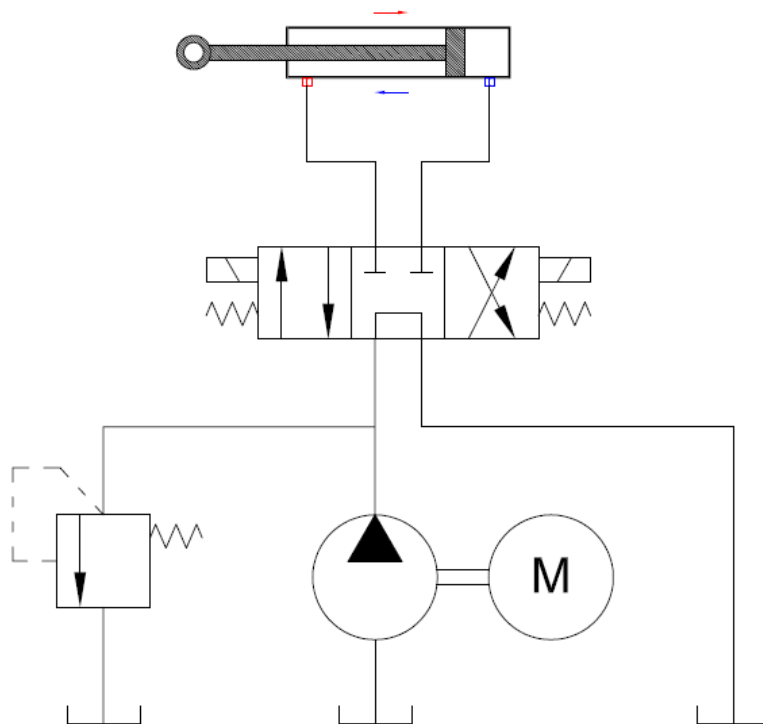


Figura 7.10 Sistema hidráulico con electroválvula y bomba eléctrica. Fuente: Propia

Como segundo ejemplo, representado en la Figura 7.10, se presenta un sistema de gobierno del timón con:

- **Bomba:** El sistema va equipado con una bomba accionada mediante un motor eléctrico. Este motor eléctrico se encenderá cada vez que des del puente se indique que se quiere girar a babor o estribor.
- **Válvula de alivio:** Instalada en el esquema en paralelo a la bomba, en la salida de la bomba. Esta válvula de alivio o de sobrepresión tiene un resorte que a partir de un valor máximo de presión cede y hace que el aceite descargue de nuevo al tanque, evitando una sobrepresión en el sistema.
- **Electroválvula:** En este sistema se dispone de una válvula 4:3 (4 vías y 3 posiciones). La electroválvula solo cambiará a posición D (derecha, cruzada) o I (izquierda, paralela) cada vez que des del puente se mande señal de ir a estribor o babor.

En posición 0 puede haber dos situaciones:

- 1) La embarcación está virando. En puente se hizo girar el timón el ángulo deseado. Al llegar al ángulo necesario, el Capitán deja de dar señal al timón, y por lo tanto el resorte de la electroválvula la hace volver a la posición 0 dejando el pistón del timón en la posición necesaria para el rumbo deseado.
- 2) El timón está a la vía, y la electroválvula en posición 0 porqué des del puente no se le da ninguna señal.

Considerando que la posición **D: Babor** y la posición **I: Estribor**, el funcionamiento será:

Babor: Des del puente se dará señal de caer a babor, por lo tanto se activará el solenoide que hará que el carrete de la electroválvula corra dejando el circuito en la posición **D**. Así pues, el aceite será bombeado hasta el costado Azul, que impulsará el pistón y evacuará el aceite en el otro costado por la zona Roja haciéndolo volver al tanque del sistema.

Cuando se tenga el timón a los grados deseados, se dejará de dar señal des del puente y el carrete de la electroválvula volverá a su posición por la acción de los resortes.

Estribor: Des del puente se dará señal de caer a estribor, y el carrete de la electroválvula se colocará en la posición **I** gracias a la activación del solenoide. En esta posición el aceite será bombeado hasta la zona Roja, que hará comprimir el pistón y expulsar el aceite de la zona Azul hasta el tanque.

Conseguidos los grados necesarios, se dejará de dar señal y el resorte hará que el carrete se coloque en la posición 0.

Ejemplo 3

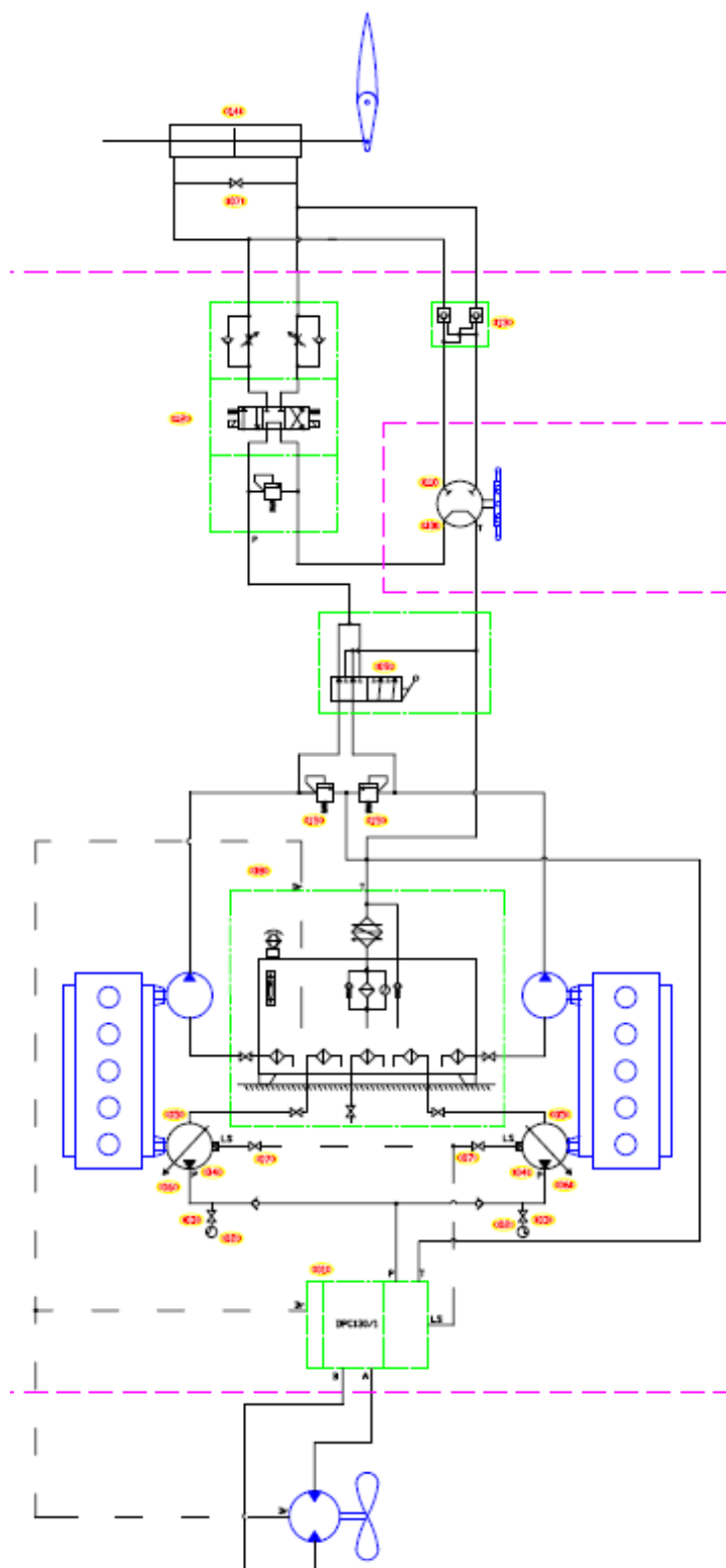


Figura 7.11 Sistema hidráulico de timón y hélice de proa con bombas acopladas. Fuente: Propia

Por último y sin entrar en mucho detalle, se adjunta el ejemplo 3. En la Figura 7.11 se incluye el esquema de una embarcación de 20 metros donde el sistema hidráulico alimenta tanto a los timones como a la hélice de proa. Así pues, diferenciando según el equipo al que se alimenta:

Timones: la embarcación dispone de dos motores, y en cada motor hay acoplada una bomba hidráulica que alimenta a los timones. Estas bombas funcionan siempre que el motor está en funcionamiento, y mediante las válvulas de dirección y válvulas de alivio se evitan sobrepresiones en el sistema.

Hélices de proa: En cada motor hay acoplada una bomba hidráulica de caudal variable según se necesite más o menos potencia. Estas bombas alimentan a la hélice de proa que según la válvula de dirección la harán girar en un sentido u otro.

1.7.3 Normativa aplicable

Al sistema hidráulico le aplica la normativa ISO 10592:1994. Esta normativa especifica las características exigidas y prescribe los métodos de ensayo, los manuales del usuario y del instalador. También la designación de los sistemas hidráulicos de gobierno y sus elementos constitutivos.

En este apartado no se entrará en el contenido referente a los métodos de ensayo y los manuales tanto del usuario como del instalador.

Así pues, dentro de la ISO 10592 cabe mencionar las **(5) Características generales de los sistemas hidráulicos de gobierno**, que incluyen:

(5.1) La total compatibilidad entre los componentes del sistema.

(5.3) Garantizar la accesibilidad a los puntos más sensibles del sistema tales como: conexiones, racores, orificios de engrase y la purga de aire.

(5.4) La configuración del sistema, y el sistema en sí, debe estar pensada para resistir sin fallo ni fugas las condiciones de presión, vibraciones, choque y movimiento que pueda experimentar el sistema durante su uso.

(5.5) El sistema hidráulico debe ser capaz de funcionar entre -10°C y +60°C, y en almacenamiento, resistir de -30°C a +60°C.

(5.7) Los materiales usados serán resistentes a los líquidos y compuestos con los que puedan entrar en contacto en situaciones normales de servicio como son: grasas, lubricantes, fluido hidráulico, agua salada y dulce y disolventes presentes en sentinas.

(5.8) En embarcaciones de $L > 12.5$ m, el sistema hidráulico permitirá que la caña de timón pueda girar de los 30° a los -30° en menos de 30 segundos estando la embarcación en marcha avante y a la velocidad máxima de servicio y con el timón completamente sumergido. El sistema también garantizará que en condiciones normales de maniobra no se produzca cualquier retroceso brusco de la caña o del volante.

Por lo que afecta al (6) *Fluido hidráulico*, el constructor del sistema de gobierno debe indicar el fluido a usar en el sistema el cual no debe ser inflamable o tener un punto de inflamabilidad mínima de 157°C .

Para los (7) *Materiales* que se usarán para la instalación, exige que los (7.2) plásticos o elastómeros expuestos al sol deberán ser resistentes a las radiaciones ultravioleta y que estos (7.3) si se instalan en compartimentos de motores deben ser resistentes a la gasolina, aceite, petróleo, atmósferas salinas, calor y fuego.

Entrando en los aspectos que afectan a la (8) *Instalación*, cabe destacar del contenido de la normativa que:

(8.1) Se seguirán las instrucciones del constructor para la instalación de los sistemas.

(8.2) Las mangueras y tuberías se protegerán contra las fuentes de calor y contra la abrasión, así como nunca se instalarán conexiones o juntas sobre objetos calientes.

(8.3) Los elementos se fijarán a la estructura de la embarcación teniendo en cuenta las fuerzas que deben transmitir. Los pistones deben estar situados en una posición que permita una fijación rígida.

En lo que afecta a los ensayos, la normativa incluye que ensayos deberán realizarse para establecer la aceptabilidad de la resistencia de los sistemas hidráulicos de gobierno. A continuación, se nombran los ensayos:

(9.1) Fuerza estática.

(9.2) Fuerzas tangenciales y axiales.

(9.3) Ensayo de los elementos.

(9.4) Ensayo del acoplamiento de la barra.

(9.5) Ensayo del volante.

A parte de ellos también deberá realizarse un ensayo de funcionamiento de todo el sistema donde (9.6) todos los accesorios (mangueras y tuberías) deben resistir la presión del ensayo del sistema sin que se produzcan fugas.

1.7.4 BUDDHA'S BOAT: Sistema hidráulico

A bordo del Buddha's boat el sistema hidráulico se usa para el gobierno del timón. El esquema corresponde al que se puede ver en la figura 7.12.

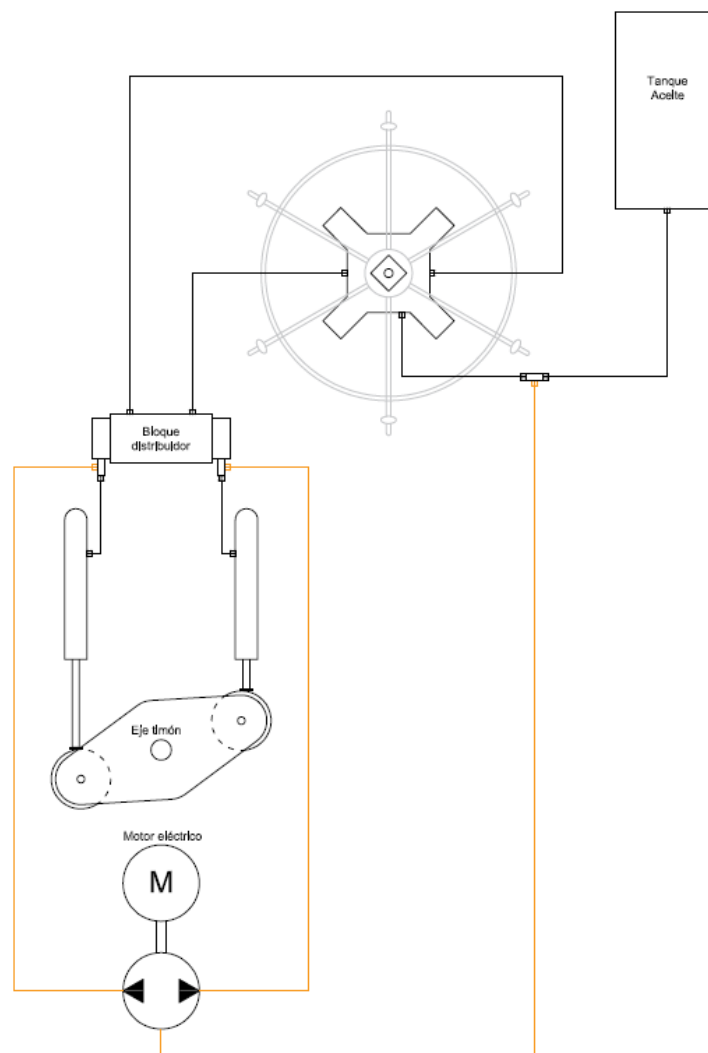


Figura 7.12 Esquema de dirección hidráulica en el Buddha's. Fuente: Propia

Como puede apreciarse se diferencian dos partes dentro del sistema de dirección hidráulica. Por un lado hay el circuito negro, y por el otro lado el naranja. El primero corresponde a la dirección hidráulica manual, y el segundo a la dirección hidráulica del piloto automático.

Entrando con más detalle a la dirección hidráulica manual: el sistema consta de un tanque de aceite con el que se compensa y se ayuda a mantener siempre una correcta alimentación de aceite. Así mismo, en caso de pérdidas en el sistema, el tanque dispone de un indicador de nivel visual que permite controlar que el contenido de aceite en el circuito no disminuya.

Cuando la dirección es controlada de forma manual, mediante la rueda del timón, la bomba de aceite es una bomba manual de 4 cilindros que según se haga girar en un sentido u otro hará que el timón gire de a babor o estribor.



Figura 7.13 Rueda de timón del Buddha's. Fuente: Propia

Por lo que afecta la bomba, se puede afirmar que es una bomba de cuatro pistones, pero no se dispone de ningún tipo de información adicional. El sistema hidráulico es el único sistema que no se ha modificado desde la construcción de la embarcación. Uno de los motivos su robustez y sencillez.

Siguiendo por el circuito, se llega al siguiente elemento en el pique de popa donde hay el bloque de distribución o válvula de dirección.

A diferencia de la información vista más arriba, la válvula de dirección de esta embarcación consiste en un elemento fijo, que mediante la distribución de canales, muelles y bolas permite la correcta circulación del aceite tanto cuando se cae a babor como estribor. De la placa de esta válvula no se puede sacar ninguna información adicional tampoco. A simple vista pueden sacarse conclusiones tales como: que la válvula no es pilotada de ningún modo ni dispone de un carrete (como se vio anteriormente en la parte teórica) y que dispone de dos entradas y dos salidas, que solo pueden corresponder al circuito relacionado con la bomba manual de la rueda del timón.



Figura 7.14 Bloque direccional hidraulico. Fuente: Propia



Figura 7.14 Bloque direccional hidraulico. Fuente: Propia

En la figura 7.14 se muestra el bloque direccional. A la izquierda de la imagen se encuentran los dos tubos que vienen de la bomba manual en la bañera del velero. A la derecha del bloque se

pueden apreciar dos salidas, que se bifurcan en un codo en forma de T. Las dos superiores se dirigen a los pistones, y las inferiores van a la bomba eléctrica del piloto automático.

Este sistema dispone de dos pistones de efecto simple, con lo que el bloque distribuidor permite que cuando haya presión en uno de los pistones, el otro pueda vaciarse y viceversa, permitiendo la correcta rotación del eje del timón.

En la figura 7.15, se pueden apreciar los dos pistones de efecto simple y el método de funcionamiento de estos. En la mayoría de casos los pistones van anclados de forma mecánica al eje o mecha del timón. En este caso como puede verse los pistones actúan sobre el eje del timón mediante el contacto y la presión del émbolo al yugo. Una ventaja de este tipo de sistema es que se evita un fenómeno que tiene lugar en embarcaciones con el émbolo fijado a la mecha (muy negativo durante navegación) y es que el émbolo o el anclaje a la mecha rompa por falta de topes de giro en el timón o porqué estos rompen y el timón cede.



Figura 7.15 Actuación de los pistones en el yugo del timón. Fuente: Propia



Figura 7.15 Actuación de los pistones en el yugo del timón. Fuente: Propia

Finalmente, a bordo del Buddha's boat, al tratarse de un velero con el que se quieren realizar charters y por lo tanto largas travesías, el sistema hidráulico va complementado con una bomba eléctrica pilotada por el piloto automático de la embarcación.



Figura 7.16 Bomba hidráulica eléctrica.

Fuente: Propia

Esta bomba eléctrica, de doble sentido de giro, esta conectada a la salida del bloque de dirección para poder actuar directamente sobre los pistones de simple efecto y garantizar que el velero viaje según el rumbo establecido.

En el Anexo A (apartado A.7) se adjunta un plano con la disposición general del sistema hidráulico a bordo del Buddha's boat.

1.8 Sistema eléctrico

El sistema eléctrico es uno de los sistemas de mayor peso e importancia en la embarcación, dado que casi todos los sistemas dependen de este para su funcionamiento: desde las bombas de achique y el arranque del motor pasando por toda la electrónica hasta las luces de cortesía.

Este sistema se divide en dos grupos:

a) Sistema eléctrico de 12/24 V. El sistema será de 12 V o 24 V principalmente en función del alternador que tenga el motor o motores que se instalen a bordo. Así pues, tendremos unos bancos de baterías que alimentarán a un sistema (cuadro) de 24 V o 12 V.

En poca cantidad, también podría verse alimentado en parte (y para una pequeña parte de equipos, y en exclusiva) mediante fuentes de energía renovables, tales como las más comunes a bordo como son la energía solar y la eólica.

El sistema de 12/24 V será el más grande a bordo en concepto de cantidad de equipos que se alimentan de este voltaje.

b) Sistema eléctrico de 220 V. Este sistema es alimentado mediante generador auxiliar o mediante la toma de puerto e tierra.

1.8.1 Balance eléctrico

Es importante que el sistema eléctrico esté dimensionado para proporcionar energía durante todas las condiciones de operación en las que se encuentre la embarcación, y así garantizar el correcto funcionamiento de todos los equipos, o en caso de emergencia, el funcionamiento de todos aquellos equipos que permitirán a la embarcación navegar y a los tripulantes comunicarse en caso de necesitar socorro.

Este dimensionado o cálculo se realiza por parte del astillero que construye la embarcación. Este cálculo no tiene porque volver a realizarse a menos que alguno de los armadores de la embarcación añadan a bordo equipos con grandes consumos que puedan hacer que las fuentes no sean suficientes. Por este motivo, en este documento se hará referencia al balance eléctrico muy breve y superficialmente.

El balance eléctrico es un procedimiento esencial a realizar durante la fase de construcción de una embarcación y consiste en determinar la demanda de carga en diferentes situaciones de operación. Conocer este valor nos permitirá saber la capacidad necesaria para nuestras baterías, así como también el generador que se necesitará para su correcta carga.

Para el balance eléctrico debe tenerse en cuenta:

a) **Equipos a bordo:** Deben listarse todos los equipos y consumidores que hay a bordo. Es recomendable que estos se listen y agrupen por sistemas: tanto para encontrarlos de forma rápida mientras se trabaja con el documento como también para poder analizar el consumo/carga exigido por cada sistema.

b) **Condiciones de operación:** Como se describe arriba, el balance eléctrico al fin y al cabo no es más que una hoja de cálculo que nos dice que consumo tendrá el sistema en una situación concreta considerando que se usaran una cantidad X de consumidores. Es importante conocer las diferentes situaciones en las que puede verse nuestra embarcación. En una embarcación de recreo se podrían considerar las siguientes:

- Navegación diurna
- Navegación nocturna
- Estancia en puerto
- Fondeo

- Emergencia

c) **Asignación de equipos:** Para cada situación definida arriba, se calcularán y sumarán los consumos de los equipos que consideramos que serán esenciales durante aquella situación aunque no vayan a usarse.

Por ejemplo, para la situación de *emergencia* se considerará que será una situación donde solo se abrirán todos los interruptores menos los de:

- Bombas de achique
- VHF y electrónica
- Luces de cortesía/emergencia

Determinados los equipos, se calcula cual será el consumo de estos por hora.

Para cada situación se determina cual serán los equipos a usar para garantizar el correcto funcionamiento, convivencia y seguridad a bordo durante aquella situación.

Cabe añadir que este cálculo se hace considerando que las baterías no están siendo alimentadas. En caso de tener en funcionamiento los motores o generadores, que pueden cargar baterías, se entiende que hay uso "ilimitado" de las baterías tanto en horas como en cantidad de equipos en funcionamiento a la vez.

1.8.2 Sistema eléctrico 12/24 V

Como ya se comenta, el sistema de 12/24 V es el sistema más importante a bordo de las embarcaciones de recreo, dado que todos los equipos funcionan con este voltaje.

Se hace referencia a este sistema como 12/24 V, pero es importante tener claro que el sistema será de 12 V o de 24 V según los **equipos** a instalar a bordo o según el **alternador** del motor.

Equipos

En la fase de construcción de una embarcación se determina que equipos, tanto en marca como en modelo, se instalaran a bordo de la embarcación. Una vez conocidos los equipos a instalar a bordo, se mirará con que voltaje deben funcionar.

En el mercado hay equipos que están preparados para ir a 12 V, para ir a 24 V o muchas veces para trabajar en un intervalo de voltaje que engloba tanto los 12 V como los 24 V.

Si los equipos principales, tales como radares u otros se encuentran en un solo voltaje, se determinará pues que el sistema eléctrico sea del mismo voltaje. Es decir, los equipos más críticos o esenciales del buque marcarán el tipo de instalación que se hará a bordo: con fuentes de 12 o 24 V.

En caso de tener algún equipo que deba ser de voltaje diferente, se le puede instalar un pequeño convertidor exclusivo para él: de 12 a 24 V o viceversa, según lo exija.



Figura 8.1 Convertidor 24/12 V. Fuente: Victron energy

En conclusión, según los voltajes e importancia de los equipos se diseñará un sistema con un voltaje u otro. En esta decisión es importante considerar todos los equipos y comparar la cantidad de equipos de voltaje 12 o 24 V, con la importancia de estos dentro del sistema así como valorar la cantidad de convertidores que deberán instalarse según el que resto de equipos necesarios se encuentren o no con el voltaje necesario.

Por ejemplo, no haremos un sistema de 24 V lleno de convertidores 24-12 V porque el radar solo estaba disponible en modelo de 24 V. Será idóneo considerar la opción de hacer un sistema de 12 V e instalar un convertidor de 12-24 V para el radar.

Alternador

Otro aspecto a considerar para el voltaje del sistema eléctrico, será el tipo de alternador que dispondrá el motor o motores principales.

Durante las primeras fases del proyecto y la construcción de una embarcación, el cliente o armador marca:

- Potencia requerida de los motores
- Tipo de propulsión (Helice, Jet, IPS, etc)

Estos requisitos vendrán estrechamente marcados por la velocidad a la que se quiere llegar con aquella embarcación. Cuando se encuentra un modelo de motor que cumpla con el tipo de propulsión y requisitos de velocidad, entonces debe mirarse qué tipo de alternador dispone: 12 V o 24 V o las posibilidades de que la marca que los fabrique pueda instalar un alternador adicional de un tipo u otro.

Lo habitual es que el sistema eléctrico del motor (motor de arranque y batería de arranque) tengan el mismo voltaje que el alternador, así se garantiza que cuando el motor esta en funcionamiento, él mismo puede cargar su batería de arranque. En caso de que no fuese así, la batería de arranque debería cargarse exclusivamente con un cargador de baterías, con lo que solo se cargaría con el barco conectado a puerto o encendiendo el generador auxiliar.



Figura 8.2 Volvo Penta D13-1000 con alternador de 24 V. Fuente: Volvo penta

Un ejemplo sería el caso del Volvo Penta D13-1000: Este modelo de motor viene con un alternador de 24 V, y el fabricante ofrece la posibilidad de añadir un alternador (opcional) de 12 V para añadir al motor. Todos los alternadores van acoplados al motor mediante correa de transmisión.

Después de describir el caso de los Equipos y de los alternadores cabe preguntarse, *¿Quién decidirá finalmente el voltaje del sistema eléctrico a bordo?* La respuesta es el Motor. En la construcción de una embarcación encontrar los motores necesarios es muy importante, y también es un % muy grande en lo que respecta al coste total de la embarcación. Así pues, lo correcto es determinar los motores y a partir de ellos buscar las baterías y los equipos necesarios. Añadir, que todo este proceso y consideraciones descritos arriba solo se realizan durante la fase de construcción de la embarcación.

Fuentes

Dentro del sistema de 12/24 V cabe destacar también los tipos de fuentes que hay. Principalmente son de 3 tipos:

- a) *Baterías*: fuente principal y única que alimenta al sistema y todos los equipos.
- b) *Alternadores*: Alternador acoplado al motor cuya función será mantener cargadas las baterías mientras el motor está en funcionamiento. Los alternadores serán de 12 o 24 V, aunque también se puede acoplar más de uno.

Los alternadores van acoplados mediante correas a la polea del motor, y por lo tanto solo funcionarán cuando el motor esté en funcionamiento.
- c) *Renovables*: Principalmente son fuentes de energía solar o eólica. Su uso está más extendido en veleros, ya a diferencia de las embarcaciones motoras los veleros suelen usar mucho menos el motor principal y por lo tanto no se usa el alternador acoplado. Por lo tanto, los veleros suelen llevar energías renovables para garantizar una carga mínima y constante de las baterías mientras disfrutan de una navegación silenciosa a vela.



Figura 8.3 Ejemplo de velero con fuentes renovables: solar y eólica. Fuente: Fondear

Para los veleros, un buen dimensionamiento del sistema de fuentes renovables puede garantizar el total suministro del sistema por parte de estas fuentes alternativas y un consumo nulo de combustible en cualquier travesía.

Conocidos los 3 tipos de fuentes, se entrará con más detalle en lo que afecta a la principal y más común fuente de energía a bordo: las baterías.

Dentro de las baterías podemos hacer dos grandes clasificaciones, según el **uso** o según su **naturaleza/composición**.

Según el **uso** nos encontramos con:

Baterías de arranque (*cranking battery*): No admiten ciclos prolongados de descarga y se caracterizan por los amperios de pico (corriente instantánea) que pueden suministrar. Su número máximo de ciclos de carga/descarga se podría aproximar a 400.

Estas baterías tienen dos parámetros característicos que es el CCA (Cold Cranking Amps), que es la corriente que puede suministrar la batería durante 30 segundos a una temperatura de -18°C , con un voltaje de salida operativo. También hay el llamado MCA (Marine Cold Crack), que es para una temperatura de 0°C .



Figura 8.4 Batería de arranque con valores CCA=800 A y MCA=1000 A. Fuente: West marine

Estas baterías se usan para accionar equipos/motores que en el momento de arranque tienen una alta demanda de energía debido al gran esfuerzo que estos deben ejercer hasta que consiguen tener un poco de inercia. Este tipo de batería se suele utilizar para:

- Motor de arranque del MMPP (uso más común).
- Molinete del ancla / Winches eléctricos.
- Motor hélice de proa.

Como puede verse, son equipos que a bordo suelen tener un uso puntual y no prolongado con lo que las baterías no tienen que estar trabajando durante mucho rato y por lo tanto sufrir una descarga profunda.

Baterías de ciclo profundo (*deep cycle battery*): También conocidas como baterías de servicio. Estas se caracterizan por proporcionar menos corriente, pero durante mucho más tiempo, más constante. Permiten por lo tanto ser descargadas durante más tiempo sin sufrir ningún daño o estropearse.

En estas baterías el número máximo de ciclos carga/descarga es de alrededor de 2000, y su parámetro es el RC (Reserve Capacity), que no es más que la cantidad de minutos que la batería puede suministrar 25 A asegurando un voltaje de salida operativo.

Estas baterías alimentarán a servicios tales como:

- Iluminación

- Bombas de achique
- Equipos de navegación
- Frigorífico, etc



Figura 8.5 Batería de ciclo profundo 75 Ah con RC= 130 min. Fuente: West marine

Según el tipo de equipo al que conectarse, una batería de ciclo profundo podría usarse como batería de arranque, pero una batería de arranque nunca como batería de servicio.

Baterías de doble uso (dual purpose battery): Estas se pueden usar como arranque y de servicio. Son comunes en embarcaciones de esloras pequeñas para que permitan arrancar del motor y alimentar a los pocos equipos/servicios que pueda haber a bordo.



Figura 8.6 Batería dual de CCA=550 A, MCA=675 A, 65 Ah y RC 120 min. Fuente: West marine

En el mercado las baterías tienen una dada que son los [Ah], Amperios-hora. Se usa para evaluar la capacidad de una batería, es decir la cantidad de electricidad que puede almacenar durante la

carga y descarga. Como ejemplo, una batería de 100 Ah, implica que puede dar 10 A durante 10 h, o 1 A durante 100 h. En estos cálculos deben añadirse dos consideraciones:

a) Es importante tener en cuenta que esto corresponde al cálculo teórico, ya que en la realidad según se descargue más o menos rápida la batería se pierde más o menos energía debido a la resistencia interna.

b) Las baterías no se suelen descargar en su totalidad hasta que no se recargan. Así pues, si se considera que no se pueda descargar más allá del 40%, para tener 10 Ah durante 6 h (60 Ah), necesitaríamos una batería de 150 Ah (40% de 150Ah es 60 Ah), o un grupo de baterías de den en total 150 Ah.

Según la **naturaleza/composición**, las baterías se dividirán en:

Baterías de Plomo-ácido

- | | |
|--|--|
| - Más comunes en el mercado. | - Electrolito de ácido sulfúrico (30%)
diluido con agua destilada (70%) |
| - Usadas en coches. | |
| - Mejor relación calidad-precio del mercado. | - Buen aguante a las temperaturas elevadas. |
| - Requiere mantenimiento y cuidado. Reponer agua destilada. | - A mayor calor, mayor voltaje en la salida. |
| - Baterías no estancas, deben mantenerse verticales. | - Frágil a bajas temperaturas con riesgo a que se congele el electrolito. |
| - Descarga mensual del 15% de su capacidad en caso de no recargarse. | |

Baterías de Gel

- Electrolito en forma de gel, reduciendo la posibilidad a derrames líquidos.
- Consideradas sin mantenimiento a pesar de tener que rellenarse periódicamente con agua destilada.
- Descarga mensual del 1-3% de su capacidad en caso de no recargarse

Baterías electrolito absorbido (AGM – Absorbed Glass Mat)

- Precio 3 veces superior a las de plomo-ácido.
- Sin mantenimiento 100%
- Ausencia de derrames.
- No usan electrolito líquido.
- Pueden colocarse tanto verticales como en cualquier posición.
- Generación baja-nula durante su carga.

En el mercado todas las baterías son de 12 V, y por lo tanto mediante la *interconexión de baterías*²³ se podrá conseguir un banco de baterías de 24 V para alimentar a un sistema de 24 V. Así mismo, también pueden conseguirse 12 V o 24 V con la correcta combinación de baterías de 6 V o de 2 V.

Para ello se debe tener en cuenta dos tipos de conexiones: en **serie** y en **paralelo**. En la siguiente imagen se puede ver la diferencia entre conectar baterías de una forma u otra.

²³ Cuando se creen bancos de baterías, tanto estén en serie como en paralelo, debe garantizarse que las baterías son del mismo tipo, capacidad y antigüedad para asegurar la correcta carga y descarga del sistema.

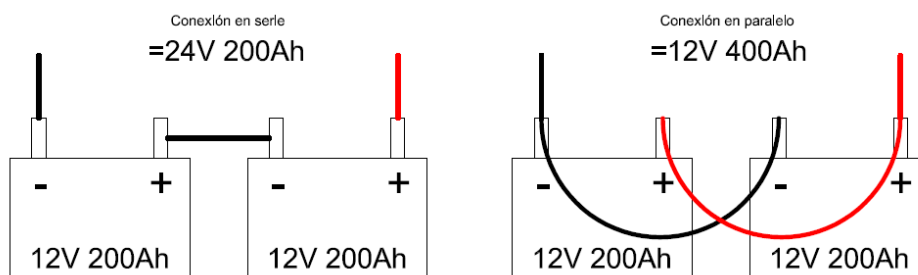


Figura 8.7 Conexión en serie y paralelo de baterías y su resultado. Fuente: Propia

Cuadro 12/24 V

Después de las baterías el siguiente elemento en el sistema es el cuadro de distribución. En este cuadro se alimentarán todos los disyuntores al voltaje de las baterías, y se encontrará en el puente.

Des del puente pues, podemos ser capaces de activar y desactivar todos los elementos o equipos que sean necesarios, tanto sea para seguridad como para necesidad.

A diferencia de otros sistemas, y en el caso de un refit, el cuadro eléctrico es muy importante que sea realizado y manipulado por profesionales por 3 motivos principalmente:

- Para garantizar los estándares necesarios dentro de la normativa vigente en la náutica de recreo.
- Para garantizar la correcta protección de todos los equipos instalados a bordo. Cualquier fallo en el cuadro eléctrico implicará la pérdida total del control y operatividad de la embarcación.
- Para garantizar la correcta protección de la gente a bordo durante navegación u operación normal de la embarcación y sus equipos.

Así mismo, y para futuros trabajos de reparación y mantenimiento, es muy importante que cada cable disponga de su único código, y que se introduzca en ambos extremos de cada cable.

En caso de haber cualquier equipo de voltaje diferente, y donde sea necesario instalar un convertidor, este se instalará después del disyuntor del elemento en el cuadro eléctrico.

En la siguiente página se puede encontrar una imagen con un plano donde se ve, de forma general, el esquema del cuadro de 24 V (en caso de ser de 12V no cambiaría nada en lo que

respecta el plano) y todos los elementos. Cabe tener en cuenta que esta embarcación es compleja comparada con cualquier embarcación de recreo común.

1.8.3 Sistema eléctrico 220 V

Como hemos visto en el sistema de 12/24 V, los cuadros eléctricos alimentan directamente de los disyuntores a los equipos o consumidores finales mediante un cable. Al final de este cable nos encontramos: luces, bombas, alarmas, electrónica, etc.

En el sistema de 220 V en cambio, los equipos o consumidores a los que alimentan son tomas de corriente. Este cuadro sirve para distribuir electricidad a todas las tomas de corriente (enchufes) que se hayan instalado a bordo.

Esto hace que el cuadro eléctrico de 220 V, y el sistema en sí, sea mucho más simple que el de 12/24 V; primero porque no hay tantos elementos y segundo porque todos ellos son tomas de corriente.

En las embarcaciones de recreo todas dispondrán siempre de un sistema de 12/24 V, pero no todas tendrán instalación de 220 V. El sistema de 220 V como se ha comentado está dispuesto para alimentar tomas de corriente, y por lo tanto para dar corriente a equipos o consumidores no considerados esenciales tales como: secador de pelo, máquina de afeitar, aspirador, televisores, lavavajillas, etc.

El único equipo para el que el sistema se consideraría esencial, es para alimentar el cargador de baterías y así poder cargarlas teniendo el motor principal apagado

Fuentes

Para este sistema se encuentran dos tipos de fuentes: **generadores** y las **tomas de puerto**. Se podría decir que en una embarcación se pueden encontrar dos configuraciones de sistema de 220:

- a) Sistema con solo *toma de puerto*. Esto se encontraría en embarcaciones de pequeña eslora que solo disponen del sistema de 220V para poder alimentar al cargador de baterías para recargarlas en puerto.
- b) Sistema con *toma de puerto y generador*. Esta configuración se encontrará en embarcaciones de mayor eslora que ya dispongan de camarotes habitables y con los que se tenga posibilidad de realizar pequeñas travesías.

El sistema solo puede ser alimentado por 1 de las dos fuentes, no es posible que el sistema se conecte a ambas. Para ello se instala entre las fuentes y el cuadro eléctrico un Selector (comúnmente: Machete) con el que se selecciona si se quiere que el sistema esté conectado a Generador o a Puerto.

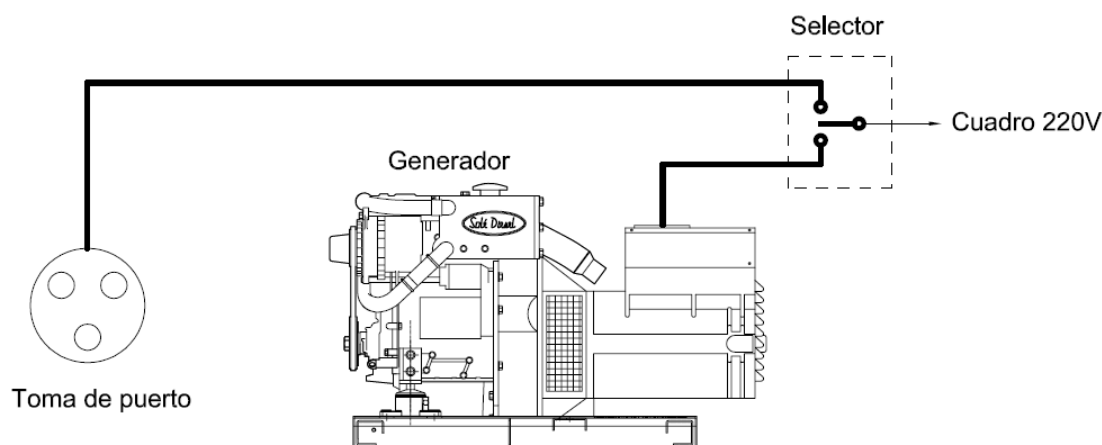


Figura 8.9 Esquema de selección de toma de Puerto o generador. Fuente: Propia

Este selector siempre se instala en el puente y cerca del cuadro de 220 V para poder cambiar la alimentación del sistema de forma rápida en caso de parar el motor o motores principales de la embarcación.

Es importante que cuando se escoja el generador, primero de todo se valore el uso que se le va a dar, y una vez conocido garantizar que esté dimensionado acorde con el gasto que se prevea que va a tener el sistema a bordo de la embarcación.

Cualquier equipo no es bueno que trabaje al máximo de su carga, por ello se debe tener un generador que en cualquier condición a bordo nunca llegue a tener que trabajar al máximo de su capacidad, y en caso de que esto sucediera, que no sea durante un largo período.



Figura 8.10 selector/conmutador para 220 V. Fuente: Gave

Referente a los tipos de generadores se puede, hacer dos divisiones sencillas:

Generadores portátiles: Se caracterizan por tener dimensiones reducidas y los más sofisticados del mercado pueden entregar potencias de 1 o 3 kW.

Deben estar dispuestos en zonas exteriores, trincados y muy bien ventilados, para garantizar una correcta entrada de aire así como también una correcta ventilación de la zona para el escape de los gases. De lo contrario, y ser puesto en una cámara de máquinas o zona cerrada, el riesgo de asfixia por monóxido de carbono sería elevado.

Generadores fijos: Son los más comunes en una embarcación. Cabe destacar también que poder disponer de uno de estos generadores implica disponer de espacio en la sala de máquinas para su instalación, con lo que se empezarán a encontrar en embarcaciones de esloras medianas (10 metros) y superior, con salas de máquinas más grandes y preparadas para dar cabida a un motor y un generador.

Estos generadores son diésel para poder ser alimentados con el mismo combustible del motor, y disponen de sus tomas de aguas y salidas de escape para una correcta refrigeración del motor así como correcta exhaustación de los gases de escape.

Para coger un fabricante común en el mercado de la náutica de recreo, Lombardini ofrece una gama de generadores fijos, con cajas insonorizadas, que van des de los 3.8 kW hasta los 16 kW.



Figura 8.11 Lombardini LMG4000 de 3.8 kW. Fuente: Lombardini

Como se puede ver arriba, el generador viene con caja de insonorización y con todas las conexiones necesarias de escape, refrigeración y combustible.

A título orientativo, un generador como el LMG4000, dentro del grupo de generadores pequeños del mercado, sus dimensiones son las indicadas debajo.

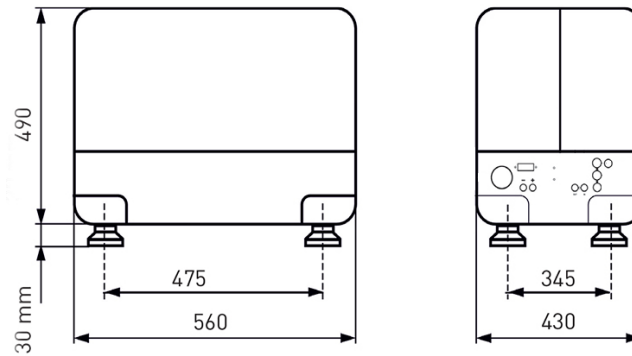


Figura 8.12 Dimensiones del Lombardini LMG4000. Fuente: Lombardini

Finalmente, como se introduce más arriba, es necesario calcular la potencia adecuada del generador. Para ello se sumarán las potencias de todos los equipos a 220 V que hay a bordo, y se le suma un 20%. Este 20% se incrementa para poder cubrir las demandas de arranque.

Durante el cálculo es importante también tener en cuenta si en un futuro se prevé instalar nuevos equipos, ya que en caso afirmativo es recomendable adquirir un generador más potente. Un generador nunca debe trabajar a máxima capacidad, y menos de forma prolongada. Así mismo, tampoco se puede coger un generador tan sobredimensionado que trabaje por debajo de un 40% de su capacidad. Por norma general los motores deben tener un régimen de trabajo cercano al 70% para desarrollar sus funciones óptimamente y evitar por ejemplo malas combustiones debido a un bajo régimen de trabajo.

Cuadro 220 V

Ya introducido anteriormente, el cuadro de 220 V es un cuadro mucho más sencillo en tanto que todos los componentes a los que suministra corriente son enchufes. Esta diferencia también se puede ver comparando la cantidad de componentes que había en el plano de la Figura 8.8 con los que se pueden encontrar en la siguiente página en la Figura 8.13. En esta última figura se adjunta el cuadro 220 V de la misma embarcación cuyo sistema de 24 V se adjuntaba en la Figura 8.8.

Un aspecto muy importante en los cuadros 220 V, es la correcta protección de los equipos y de la instalación ante la manipulación de las personas.

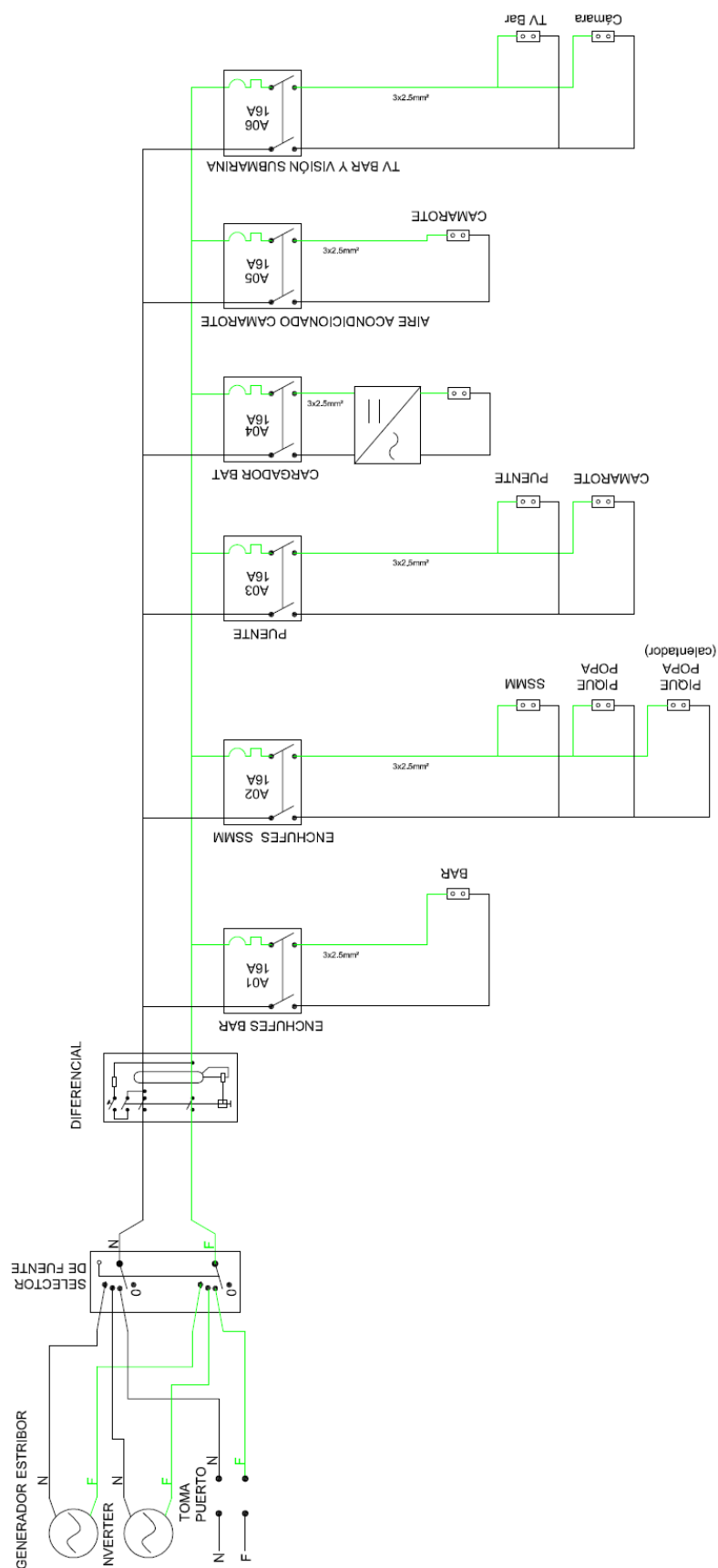


Figura 8.13 Ejemplo de cuadro de 220 V. Fuente: Propia

1.8.4 Sistema eléctrico completo

Vistos los sistemas de 220 V y de 12/24 V, el siguiente paso es unirlos para tener una visión general de cómo quedaría el sistema a bordo.

En la siguiente hoja se puede encontrar la Figura 8.14, donde se representa de forma unifilar los principales componentes del sistema eléctrico en una embarcación de recreo. En este sistema de ha considerado:

Sistema 12/24 V

- Único banco de baterías de servicio (según el sistema estarán en serie o paralelo).
- Batería de arranque se carga mediante el motor principal.
- Cargador de baterías solo carga el banco de servicio.
- Fuentes alternativas, solar y eólica, para cargar baterías de servicio.
- Desconectador de baterías para cortar suministro al cuadro principal.
- Fusible previo a las baterías en caso de fallo en alguna de las fuentes que alimentan las baterías.
- Puente de diodos

Sistema 220 V

- Sistema alimentado por Generador o Toma de puerto.
- Selector de tipo de fuente.
- Cargador de baterías conectado en una de sus líneas.

De este esquema cabe añadir la presencia del puente de diodos. La función de estos diodos es aislar las baterías entre si, asegurando que la corriente de las fuentes llega a las baterías asignadas, pero la corriente de una batería no llega al circuito de la otra, y por lo tanto no se pueden descargar entre ellas.

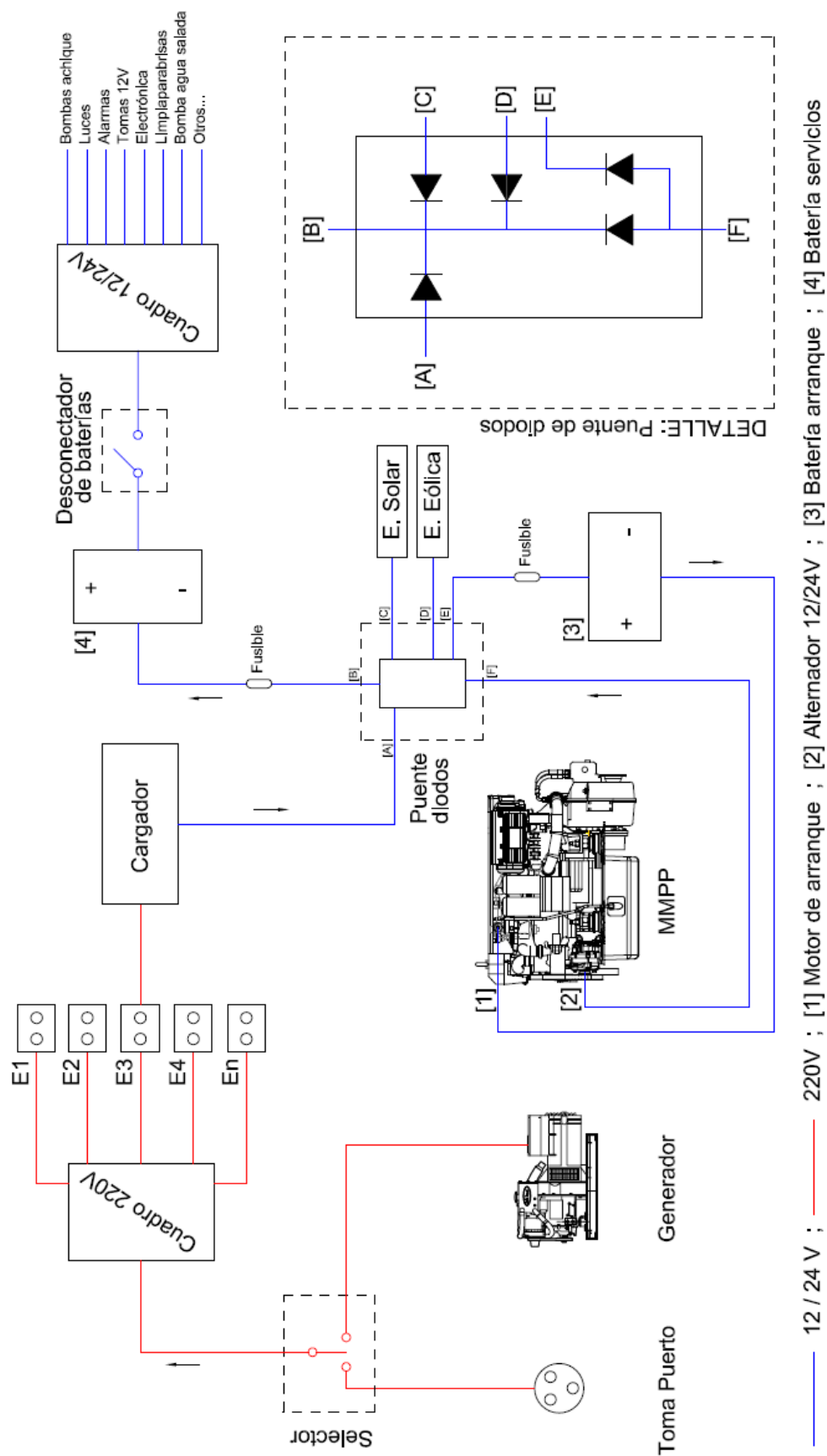


Figura 8.14 Sistema eléctrico completo. Esquema general. Fuente: Propia

1.8.5 Normativa aplicable

Dentro de la normativa y aplicado al Sistema Eléctrico hay 4 normativas. Estas son la *EN ISO 10133:2012 Embarcaciones de recreo. Sistemas Eléctricos. Instalaciones de corriente continua a muy baja tensión*, la *EN ISO 13297:2014 Embarcaciones de recreo. Sistemas Eléctricos. Instalaciones de corriente alterna* y las normativas *EN 28846:1993 Embarcación es de recreo. Equipos Eléctricos. Protección contra la inflamación de los ambientes gaseosos inflamables* correspondiente a la *ISO 8846:1990*, junto con su 1ª Modificación *EN 28846:1993/A1:2000*. No se profundizará en esta normativa dado que aplica a los fabricantes de equipos, los cuales deben hacer los ensayos requeridos para poder marcar que sus equipos están acorde con la ISO 8846. Finalmente, la *EN 60092-507:2000 Instalaciones eléctricas de los barcos. Parte 507: Embarcaciones de recreo*. Esta última norma es un apartado de la normativa *IEC 60092-507:2000*, y tampoco se incluirá su contenido.

La normativa *EN ISO 10133 Embarcaciones de recreo. Sistemas Eléctricos. Instalaciones de corriente continua a muy baja tensión* marca los requisitos de diseño e instalación de los sistemas eléctricos de corriente continua (c.c.) operando a potenciales nominales máximos de 50 V y con esloras de hasta 24m.

Como **Requisitos Generales (4)** primero la normativa engloba (4.1) dos configuraciones de sistemas c.c.: los sistemas con dos hilos aislados completamente y los sistemas de dos hilos con masa negativa. Referente a este último, la puesta a tierra deberá ser:

- a) Terminal negativo del motor.
- b) Bus principal de masa con suficiente capacidad para transportar corriente.

En el caso de sistemas con múltiples bancos de baterías, estos deberán tener una conexión negativa común.

Indica que se (4.3) deberán marcar correctamente los interruptores y controles, que (4.4) se deberán instalar disyuntores o fusibles de protección. Marca que el diseño de la instalación (4.5) garantice la continuidad de servicio de los circuitos sanos cuando existan condiciones de fallo en otros circuitos y que los equipos y circuitos estén protegidos contra daños de sobreintensidad.

Se marca también, referente a los equipos de c.c., que deben (4.6) soportar en funcionamiento un rango de tensión del 75%-113% de la tensión nominal en bornes de batería. Estos % se resumen en:

-
- a) Sistema 12 V: 9 - 16 V.
 - b) Sistema 24 V: 18 V - 32 V.
 - c) Sistema 48 V: 36 V - 64 V.

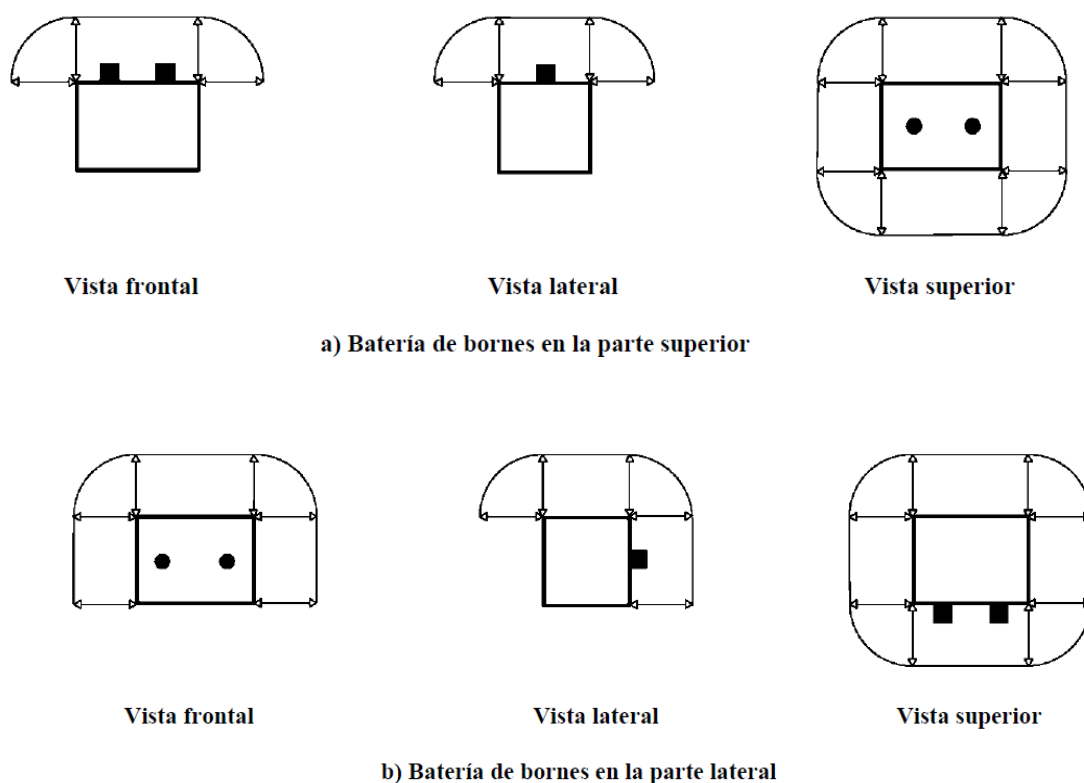
Para los Cables del sistema (4.7) la longitud y el área de la sección transversal deberá ser tal que la caída de tensión calculada no supere el 10% de la tensión nominal.

Los circuitos que típicamente requieren una caída de tensión del 3% incluyen:

- a) conductores principales del cuadro eléctrico de interruptores.
- b) luces de navegación.
- c) sopladores de la sentina.
- d) bombas de achique y de la sentina.
- e) otros equipos vitales para la seguridad o según fabricante.

Referente a las **Baterías** (5) la normativa marca varias consideraciones tales:

- Instalarlas en un lugar seco, ventilado y por encima del nivel de agua esperado de sentina (5.1).
- La instalación garantizará que no se muevan vertical o horizontalmente (5.2).
- Deberán estar preparadas para inclinarse hasta 30° o en veleros monoscascos hasta 45° sin derrame de electrolito (5.3).
- Proteger que objetos metálicos puedan entrar en contacto con los terminales (5.4)



NOTA Las distancias indicadas son como mínimo de 300 mm.

Figura 8.15 Espacio libre alrededor de la batería. Fuente: ISO 10133:2012

Deberán estar aislados de componentes de combustible (5.5). En caso de haber proximidad con alguno dentro de 300mm de la parte superior de la batería, este deberá estar eléctricamente aislado (5.7).

Por lo que afecta al **Interruptor de Desconexión de la Batería** (6) se debe instalar un interruptor de desconexión de batería, de fácil y rápido acceso, en el conductor positivo de un sistema de negativo a masa o el conductor positivo y negativo de un sistema de c.c. de dos hilos completamente aislado (6.1). Este interruptor deberá ser mínimo del mismo valor nominal a la corriente máxima para la que el interruptor principal del circuito esté clasificado (6.2). Finalmente, el interruptor deberá permitir ser accionado de forma manual, aunque pueda accionarse de forma remota (6.3).

Seguidamente, se referencia a los **Conductores** (7) de los cuales se exige que:

- (7.1) Aislamiento del cable debe ser ignífugo.
- (7.2) Aislamiento será de mínimo 70°C para espacios de máquinas y resistente al aceite.

En la Tabla 8.1, tabla A.2 del Anexo A de la ISO 10133, se dan los valores de intensidades nominales admisibles máxima en amperios para una $T=30^{\circ}\text{C}$. Para Sala de Máquina (considerando $T=60^{\circ}\text{C}$) la intensidad nominal máxima de la Tabla 8.1 debe reducirse mediante los factores indicados a continuación en la Tabla 8.2.

Temperatura nominal del aislamiento del conductor $^{\circ}\text{C}$	Multiplique la corriente máxima de la tabla A.2 por:
70	0,75
85 a 90	0,82
105	0,86
125	0,89
200	1

Tabla 8.1 Tabla A.1-Reducción de los conductores en SSMM. Fuente: ISO 10133:2012

Área de la sección transversal mm^2	Intensidad máxima admisible, en amperios, para conductores sencillos a los valores de temperatura de aislamiento						Número mínimo de hebras metálicas	
	60 $^{\circ}\text{C}$	70 $^{\circ}\text{C}$	85 $^{\circ}\text{C}$ a 90 $^{\circ}\text{C}$	105 $^{\circ}\text{C}$	125 $^{\circ}\text{C}$	200 $^{\circ}\text{C}$	Tipo A	Tipo B
0,75	6	10	12	16	20	25	16	—
1	8	14	18	20	25	35	16	—
1,5	12	18	21	25	30	40	19	26
2,5	17	25	30	35	40	45	19	41
4	22	35	40	45	50	55	19	65
6	29	45	50	60	70	75	19	105
10	40	65	70	90	100	120	19	168
16	54	90	100	130	150	170	37	266
25	71	120	140	170	185	200	49	420
35	87	160	185	210	225	240	127	665
50	105	210	230	270	300	325	127	1 064
70	135	265	285	330	360	375	127	1 323
95	165	310	330	390	410	430	259	1 666
120	190	360	400	450	480	520	418	2 107
150	220	380	430	475	520	560	418	2 107

Tabla 8.2 Tabla A.2-Área de la sección transversal de conductor, intensidad máxima admisible y número de hebras metálicas. Fuente: ISO 10133:2012

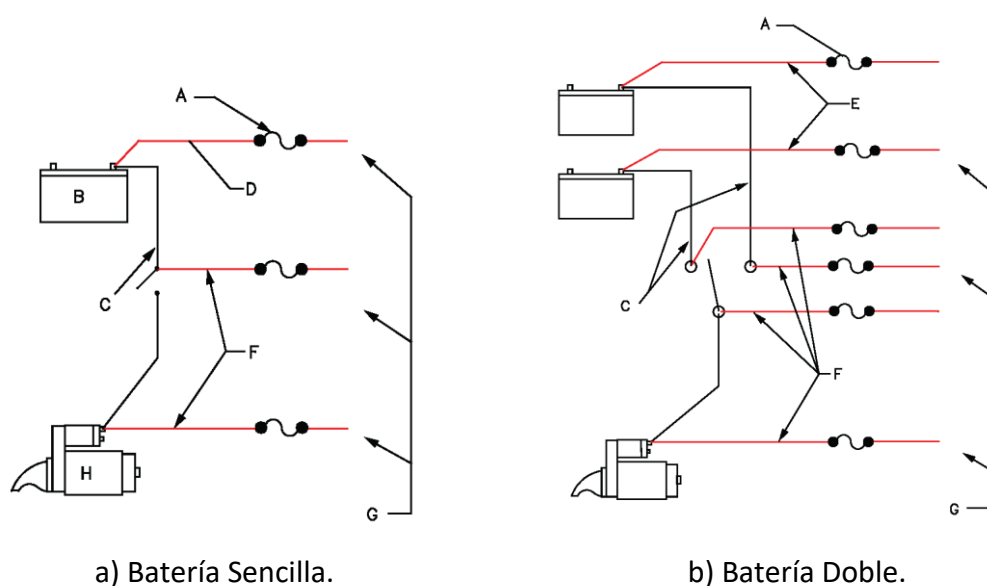
- (7.3) Los cables deberán apoyarse en toda su longitud mediante conductos o similares, y en caso de tener un punto de soporte estos estarán máximo cada 450 mm.
- (7.5) Se garantizará la correcta protección de los cables en aquellas zonas donde estén expuestos a daños.

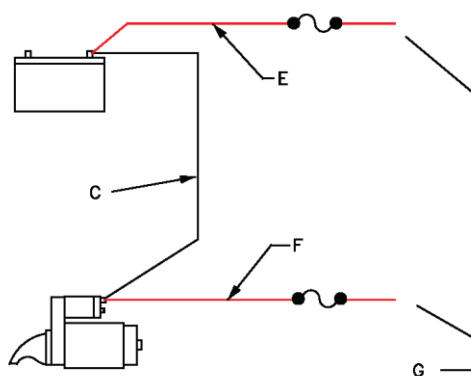
- (7.6) Los conductores deben estar dimensionados de acuerdo con la Tabla 8.2 (tabla A.2 de la normativa) o según la corriente de uso del conductor y la caída de tensión admisible para la carga a conducir.
- (7.8) Los conductores de un circuito de c.c. no deben estar contenidos en el mismo sistema de cableado que un circuito en c.a.
- Finalmente, los conductores de c.c. deberán estar mínimo 25 mm encima el nivel que active el interruptor de bomba de achique siempre que cableado y conexiones no tengan una protección IP67 (7.12) y lejos de tubos de escape y fuentes que puedan dañar el aislamiento (7.13).

En cuanto a la **Protección contra la sobreintensidad (8)** se deberá:

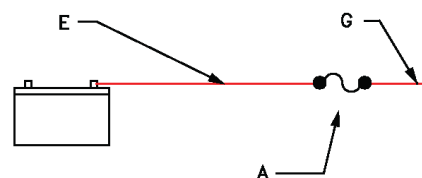
- (8.1) Instalar disyuntor o fusible de rearme a menos de 200 mm de la fuente de alimentación. Esta distancia máxima variará (≤ 1.8 m) según el conductor esté conectado directamente al borne de la batería y protegido en una vaina o (≤ 1 m) si el conector está conectado a una fuente de alimentación que no sea el borne de una batería y está contenido en una vaina o envolvente.

Un conductor inferior a 200 mm está exento de necesidad de protección ante sobreintensidad.





c) Sin interruptor de batería.



d) Sin interruptor de arranque.

Leyenda

A Dispositivo de protección contra la sobreintensidad (fusible o disyuntor).

B Batería.

C Conductores del motor de arranque (sin restricción de longitud).

D 1,8 m como máximo.

E 1,8 m como máximo.

F 200 mm o de 1 m como máximo.

G Conductores hacia varias cargas, según sea necesario (sin restricción de longitud).

H Arrancador.

Figura 8.16 Ubicación de la protección sobreintensidad. Fuente: Anexo C ISO 10133:2012

- (8.2) La tensión nominal de cada fusible o disyuntor del circuito no debe ser inferior a la tensión nominal del circuito.; la intensidad nominal no debe exceder el valor del conductor de tamaño más pequeño en el circuito.

Para los **Cuadros eléctricos** (9) la normativa marca que estos deberán ser accesibles rápida y cómodamente, así como el lado del borne deberá poder alcanzarse para inspección, retirada o mantenimiento (9.1). Para la protección de las conexiones (9.2) y los componentes se marcan 3 grados de protección acorde con la IEC 60529:

- IP 67 (mínimo), en caso de exposición de inmersión corta.
- IP 55 (mínimo), en caso de exposición a salpicaduras de agua.
- IP 20 (mínimo), si se encuentra en lugares protegidos en el interior de la nave.

Los cuadros de c.c y c.a deberán estar diferenciados de forma clara. Principalmente para separar las secciones de cables de un tipo de corriente con los del otro tipo (9.3)

En la misma línea, y para las **Conexiones de cableado y terminales** (10), las conexiones de conductores deberán estar en lugares protegidos de la intemperie o en recintos con protección mínima de IP 55 acorde con IEC 60529. Las conexiones sobre cubierta y expuestas deberán subir el nivel a IP 67 mínimo (10.1).

Otros puntos recuerdan la importancia del uso de materiales compatibles con el sistema, así como garantizar el buen estado de los componentes.

En un último punto se marca en la Tabla 8.3 de la normativa la fuerza de tracción mínima que deben aguantar un cable en las conexiones: conductor-conductor y conductor-borne según el tamaño del conductor.

Tamaño del conductor mm ²	Fuerza de tracción N	Tamaño del conductor mm ²	Fuerza de tracción N	Tamaño del conductor mm ²	Fuerza de tracción N
0,75	40	6	200	50	400
1	60	10	220	70	440
1,5	130	16	260	95	550
2,5	150	25	310	120	660
4	170	35	350	150	770

Tabla 8.3 Tabla 1. Fuerza de tracción. Fuente: ISO 10133:2012

El último aspecto en el que la normativa afecta, es en la **Protección contra la inflamación** (12) que indica que todos los componentes y dispositivos instalados en compartimentos que puedan contener vapores y gases explosivos deben estar protegidos contra la inflamación de acuerdo con la norma ISO 8846.

Por otro lado hay la *ISO 13297:2014 Embarcaciones de recreo. Sistemas Eléctricos. Instalaciones de corriente alterna*. Después de ver la normativa *ISO 10133:2012*, son muchos los puntos en común con esta norma, en concepto de materiales y métodos y consideraciones para la instalación.

Referente al contenido de la *ISO 13297:2014*, esta especifica los requisitos para el diseño, construcción e instalación de los sistemas eléctricos a baja tensión de corriente alterna (c.a) que operan a tensiones nominales inferiores a 250 V.

Entrando en los **Requisitos Generales (4)** la normativa marca puntos tales como:

- (4.1) El aislamiento de conductor de protección, o de tierra comúnmente, debe ser de color verde o verde con una franja amarilla.
- (4.2) En embarcaciones con el sistema de corriente continua (c.c) aislado según ISO 10133, el conductor de protección de c.a. se conectará a la placa externa de masa/tierra.
- (4.6) Las carcasas o envoltentes metálicas de instalación permanente de aparatos eléctricos de c.a. se conectarán al conductor de protección de la embarcación.
- (4.7) Cada circuito individual no puede estar alimentado, al mismo tiempo, por más de una fuente eléctrica, considerando fuentes eléctricas independientes la toma de tierra, el generador o el inversor.

Solo se permitirá una combinación de fuentes de energía cuando:

- a) El dispositivo esté construido y ensayado según una norma aplicable reconocida.
- b) La instalación se realice de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
- (4.12) Las embarcaciones tanto equipadas con sistema de c.c. y c.a. deben tener su distribución con cuadros separados, así como claramente identificados.

En concepto de **Marcado (5)** la normativa indica que:

- (5.1) Las entradas de c.a. de tierra firme se marcarán indicando Tensión y Corriente junto con los símbolos de advertencia de electricidad y de “Consulte el manual/folleto de instrucciones”.

- (5.2) Se instalará de forma permanente una señal de advertencia según se indica en la Figura 8.17.



a) Señales de aviso sugeridas que se utilizan símbolos

AVISO – Para reducir al mínimo los riesgos de incendio y choque eléctrico:	
1	Apague el interruptor de conexión a tierra firme de la embarcación antes de conectar o desconectar el cable de alimentación de tierra firme.
2	Conecte el cable de alimentación de tierra firme a la entrada de la embarcación antes de conectarlo a la fuente de alimentación de tierra firme.
3	Si se indica que la polaridad es incorrecta, desconecte inmediatamente el cable.
4	En primer lugar desconecte el cable de alimentación de tierra firme del lado de la fuente de alimentación de tierra firme.
5	Cierre firmemente la tapa de la entrada de alimentación de tierra firme.
NO ALTERAR LOS CONECTORES DEL CABLE DE ALIMENTACIÓN DE TIERRA FIRME	

NOTA 1 El punto 3 es obligatorio sólo si está instalado un indicador de polaridad en el sistema.

NOTA 2 Los puntos 2, 4 y 5 no son necesarios para instalaciones de cables de alimentación de tierra firme permanentemente conectadas.

b) Señal de aviso sugerida con el texto en la lengua apropiada para el país de uso

Figura 8.17 Figura con las Señales de aviso sugeridas. Fuente: ISO 13297:2014

- (5.3) Todos los interruptores y controles deben estar marcados para indicar su función.
- (5.4) Cada equipo debe tener marcado e identificado con: Fabricante, Modelo/designación, características nominales (Voltios y Amperios o Voltios y Vatios), fase y frecuencia (si aplica) y la protección de ISO 8846.

Para las **Fuentes de Ignición** (6) la norma solo indica que los componentes eléctricos instalados en los compartimentos que en funcionamiento normal puedan contener gases combustibles, deberán diseñarse para cumplir con la ISO 8846 o la IEC 60079-0.

En el siguiente punto, **Protección contra sobreintensidad** (7) la normativa incide primero en puntos de *Generalidades* (7.1) que indican:

(7.1.1) La instalación de interruptores bipolares en los sistemas sin polarizar, para abrir tanto la fase como el neutro.

(7.1.2) No se usarán fusibles en los sistemas no polarizados, a diferencia de los polarizados donde se instalarán en la Fase (o conductor activo).

(7.1.3) Los dispositivos de protección contra sobreintensidad tendrán un valor de amperaje acorde con la demanda del circuito a proteger.

(7.1.5) La característica nominal del dispositivo de protección no debe exceder la máxima capacidad de transporte de corriente del conductor protegido. (Véase Tabla 8.2)

Seguidamente en los *Circuitos de alimentación* (7.2) en los cuales debe:

(7.2.1) Instalar disyuntores bipolares en los conductores a todos los circuitos de alimentación.

(7.2.2) Instalar un disyuntor de rearme manual a máximo 0.5m de la fuente de alimentación.

En lo que afecta a los *Circuitos Ramales* (7.3) la normativa indica que:

(7.3.1) El conductor Activo (fase) de cada ramal en un sistema polarizado tendrá protección contra la sobreintensidad.

(7.3.2) En caso de ser un sistema no polarizado, los portadores de corriente de cada circuito estarán provistos de la protección contra sobreintensidad mediante disyuntores o interruptores, ambos bipolares.

Para la **Protección contra el fallo de puesta a masa/fuga a tierra** (8), indica que los RCD deben ser de disparo libre (8.1), que para la protección a fugas a tierra en todas las fuentes de corriente alterna se instalaran uno o más RCD de doble polo con una sensibilidad máxima de disparo de 30 mA y tiempo máximo de disparo de 100 ms (8.2). Así mismo, el circuito RCD deberá tener un circuito que permita el ensayo manual para la función de disparo (8.3).

En lo que afecta a los **Aparatos y Equipos** (9) la normativa marca dos puntos que incluyen que los Aparatos y equipos eléctricos fijos de C.A. tendrán las partes expuestas conectadas al conductor de protección siempre que no tengan una construcción de doble aislamiento (9.1) y que se proporcionará una protección integral o externa contra la sobreintensidad.

Seguidamente, a pesar de estar en circuitos C.A, el apartado de **Sistema de Cableado (10)** se rige bajo muchos requisitos compartidos con el sistema de C.C o ISO 10133:2012. Véase por ejemplo, que la normativa indica:

(10.2) Que los conductores y cables flexibles serán de cobre de multi-hilo, con áreas de sección transversal no menores a las determinadas por la Tabla 8.2.

(10.3) Que la temperatura de aislamiento de los conductores fuera de espacios de motores será de mínimo 60° C, pero (10.5) dentro de espacios de motores deberá ser de mínimo 70° C además de tener un aislante resistente al aceite o protegido mediante conducto o funda.

En cuanto el momento de la **instalación de conductores y cables (11)** la normativa marca que:

(11.1) Las conexiones de conductores deben estar en lugares protegidos de la intemperie o en recintos con protección IP-55 mínimo. Las conexiones en cubierta expuestas a la inmersión intermitente deberán cumplir con una IP-667 mínimo.

(11.2) Los conductores y cables deben estar apoyados cada máximo 450 mm.

(11.3) Un circuito de C.A no puede estar contenido en el mismo sistema de cableado de un circuito de CC a menos que se separen bien con protección o por distancia.

(11.4) En caso de estar tendidos en el área de sentinas con posibilidad de inmersión, debe garantizarse una protección IP-67, continuidad en el cable, y la no presencia de conexiones bajo el nivel previsible.

(11.5) Los conductores deben colocarse lejos de los tubos de escape u otras fuentes de calor a bordo, a menos que se garantice una protección de barrera térmica.

Como también se indica en la ISO 10133:2012, para el sistema de c.a. se marca en la Tabla 8.3 (11.14) los valores de tracción para los conectores, los cuales deben resistir una fuerza igual o superior a la indicada durante 1 minuto.

Llegando al final de la norma se introducen los puntos que deben tenerse en cuenta en los **Cuadros Eléctricos (interruptores) (12)**, en concreto, a los interruptores en los cuadros eléctricos.

(12.1) El cuadro eléctrico de c.a. debe tener un sistema que indique su funcionamiento.

(12.2) Debe instalarse un voltímetro del circuito si está diseñado el sistema para circuitos de alimentación del motor o si se instala un generador.

(12.3) El cuadro deberá ir marcado con la tensión y frecuencia del sistema.

(12.5) Las conexiones y componentes de los cuadros eléctricos deben estar en lugares protegidos de la intemperie y:

a) Con protección IP67 mínimo si se exponen a inmersión de corta duración.

b) Con protección IP55 mínimo si se exponen a salpicaduras de agua.

c) Con protección IP20 mínimo en lugares protegidos dentro de la embarcación.

(12.6) Debe haber un voltímetro o lámpara que indique que si inversor está activo o en espera.

En relación a las **Tomas de corriente (13)** que se instalen a bordo,

(13.2) Las tomas de corriente de c.a no se podrán intercambiar con las del sistema c.c.

(13.3) Aquellas que estén expuestas a la lluvia, rocío o salpicaduras deberán tener una protección IP55 mínimo.

(13.4) Las que estén instaladas en áreas sujetas a inundaciones de larga o corta duración deberán estar bajo protección IP67.

En el penúltimo punto de la normativa donde se indican **opciones de fuentes de alimentación (14)** se marca:

(14.1) que la alimentación del sistema de c.a debe estar suministrador por uno de los medios abajo indicados:

a) Cable único desde la orilla/tierra.

b) Cables separados de alimentación desde la orilla/tierra, entradas de alimentación, cableado y componentes con capacidad para suministrar la carga exigida por el sistema.

c) inversor de c.c de la embarcación a c.a.

d) Generadores de c.a. a bordo.

e) Combinación de fuentes siempre que de modo que estas se aíslen del resto de fuentes o se combinen de acuerdo con una protección IEC 60529-IP 2X.

Por último, en el último apartado de la normativa, **Inversores e inversores/cargadores (15)** cabe destacar de su contenido que:

(15.1) Los inversores instalados de forma permanente y los inversores/cargadores deben ser inversores de alimentación no rotativos que suministren menos de 250 V en c.a. con una frecuencia de 50 o 60 Hz.

(15.8) Los paneles de acceso a los compartimentos que contienen las conexiones de c.a. deben estar provistos de una advertencia de peligro de choque eléctrico. La normativa pone como ejemplo la imagen inferior:

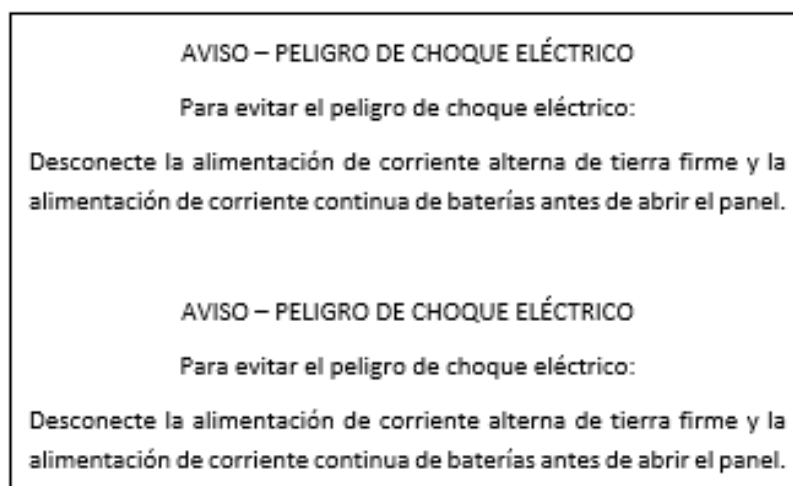
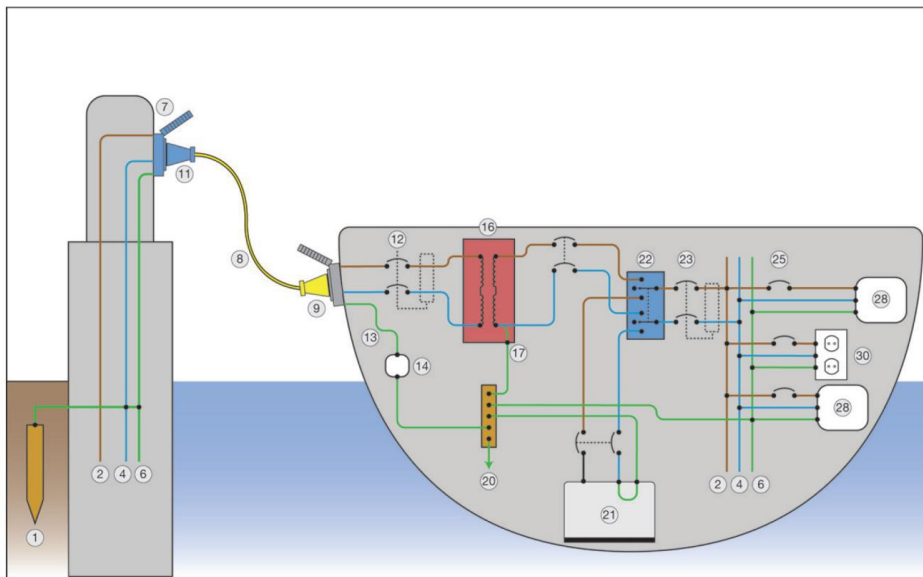
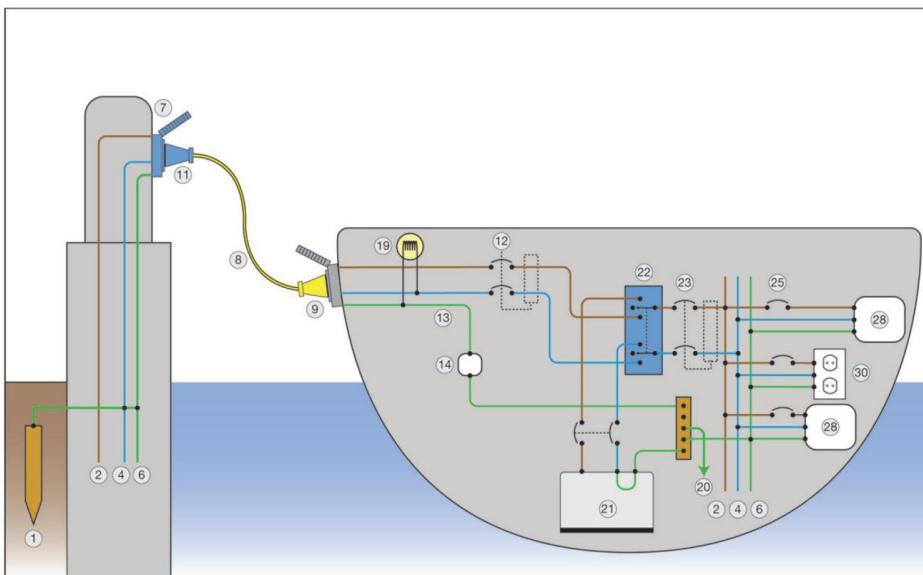


Figura 8.18 Advertencia de choque eléctrico. Fuente: ISO 13298:2014

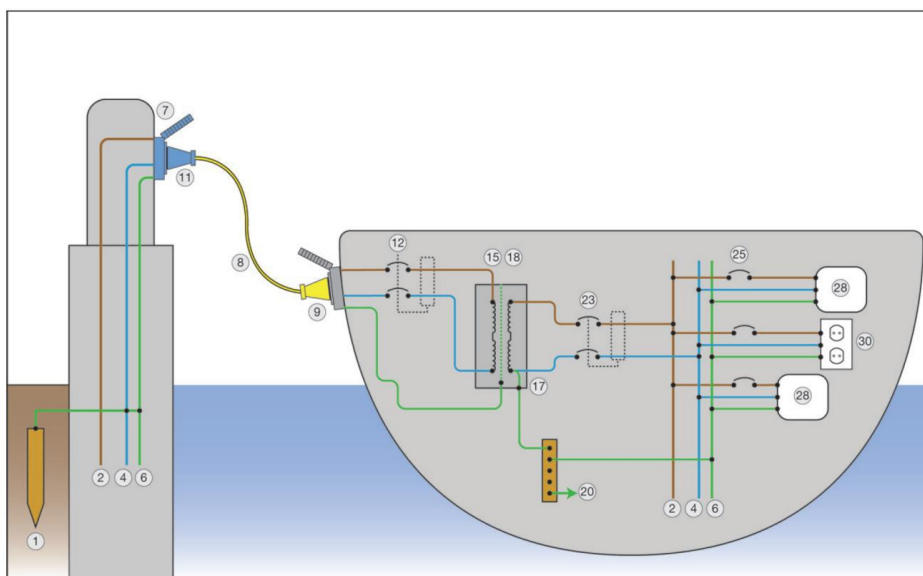
A título informativo, la normativa incluye en el Anexo D diagramas de sistemas de corriente alterna típicos.



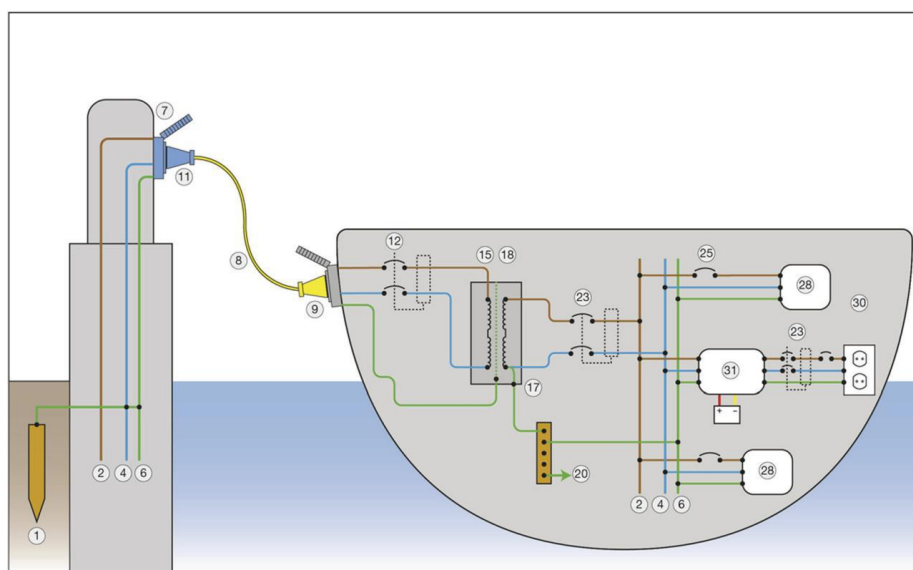
- c) Sistema de transformador de polarización con entrada monofásica de 230 V y salida de 230 V, y generador que ilustra la utilización del bus principal de puesta tierra de c.a. y el disyuntor de desconexión de alimentación del RCD/tierra firme.



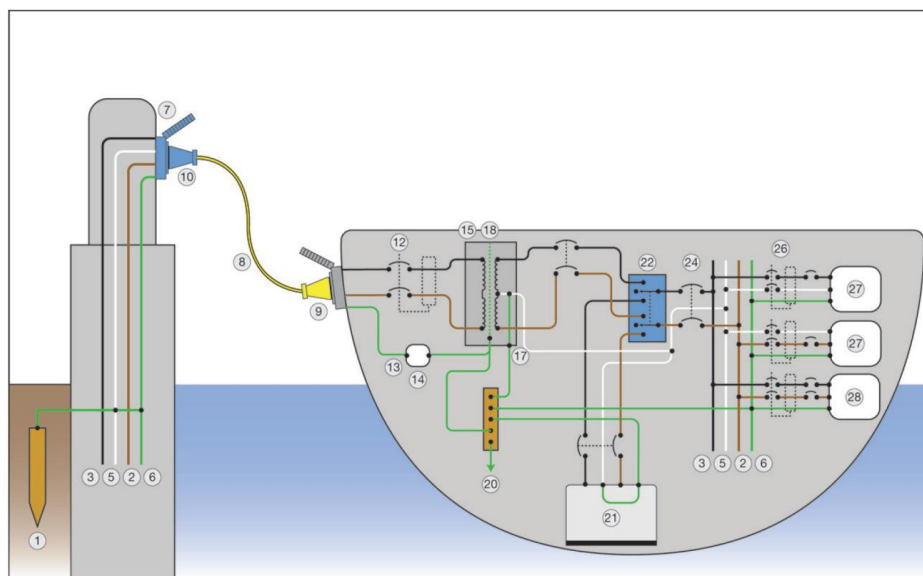
- d) Sistema de 230 V monofásico con conductor neutro puesto a tierra (azul) de tierra firme y conductor de puesta a tierra (verde) y disyuntor de desconexión de alimentación del RCD/tierra firme – Sistema típico europeo.



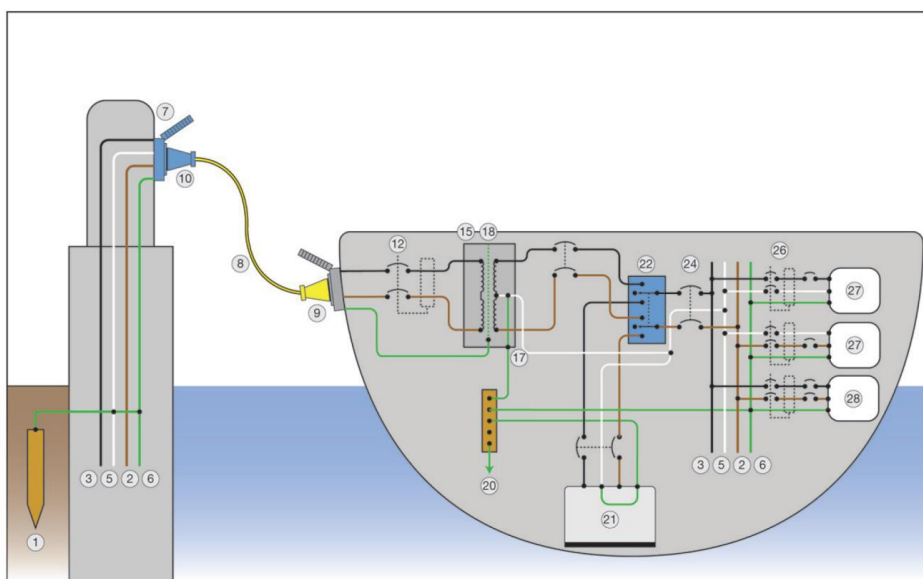
e) Sistema de transformador de aislamiento con entrada monofásica de 230 V, salida de 230 V con el secundario puesto a la masa del barco – Carcasa del transformador puesto a la tierra del puerto.



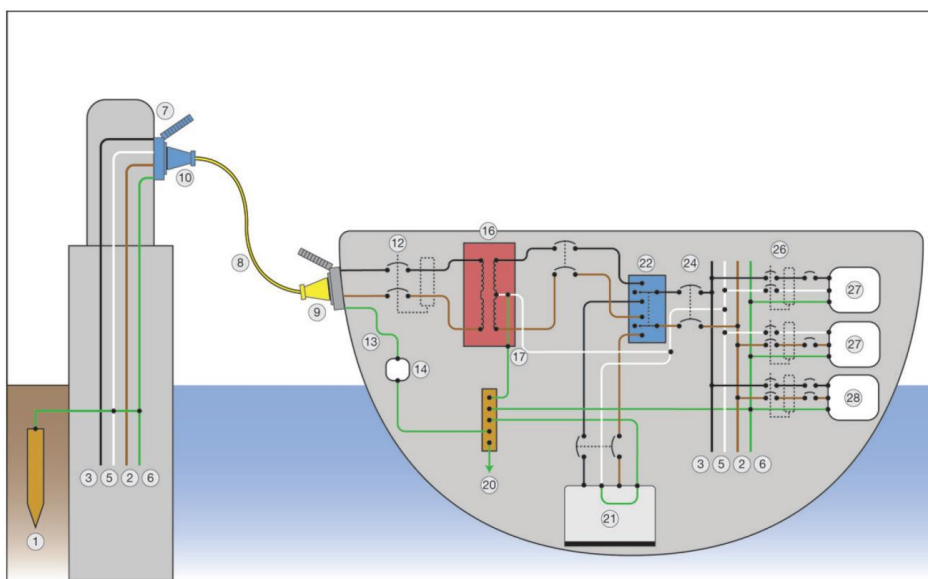
f) Sistema de transformador de aislamiento con entrada monofásica de 230 V, salida de 230 V con el secundario a la masa de la embarcación – Carcasa del transformador a tierra firme con inversor/cargador.



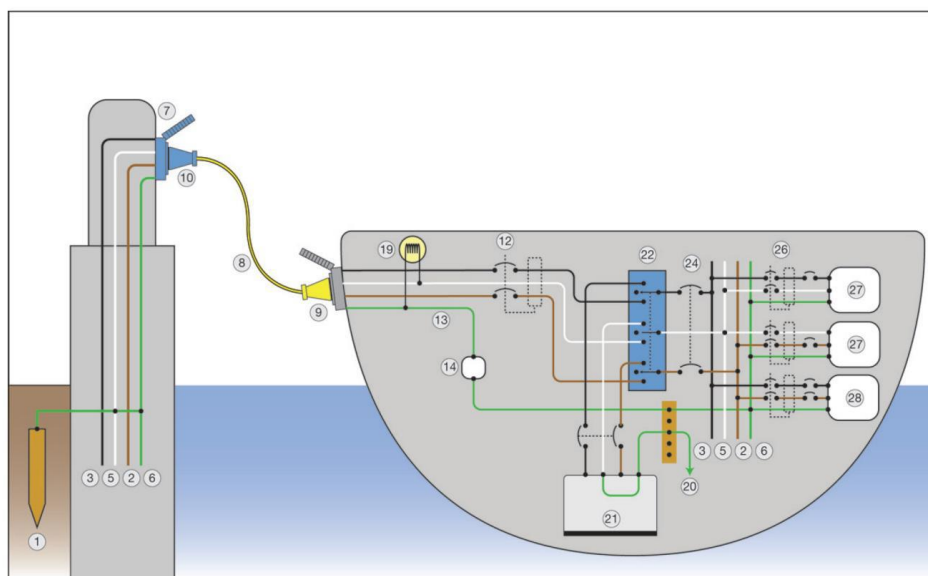
g) Sistema de transformador de aislamiento con entrada monofásica de 240 V y salida de 120/240 V, y generador que ilustra la utilización del bus principal de puesta tierra de c.a. y el disyuntor de desconexión de alimentación del RCD/tierra firme – Se muestra con la entrada de conexión a tierra conectada a la masa del barco (a través de un aislador galvánico opcional), que convierte el transformador de aislamiento en un transformador polarizado.



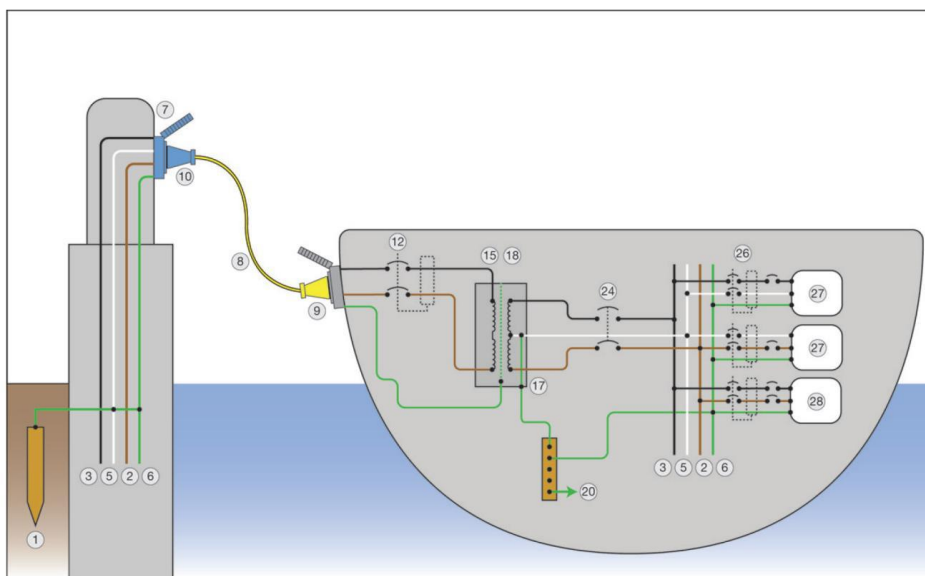
h) Sistema de transformador de aislamiento con entrada monofásica de 240 V y salida de 120/240 V, y generador que ilustra la utilización del bus principal de puesta tierra de c.a. y el disyuntor de desconexión de alimentación del RCD/tierra firme.



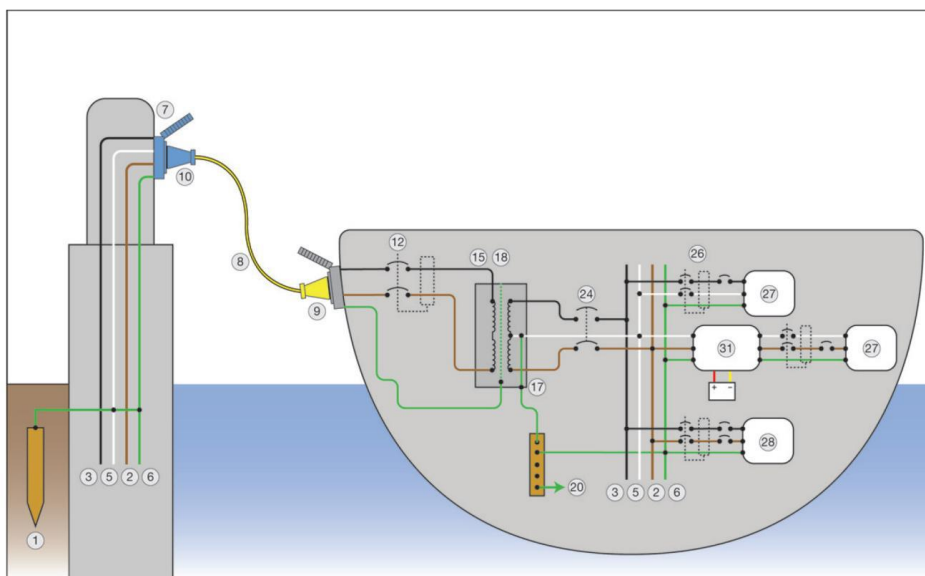
i) Sistema de transformador de polarización con entrada monofásica de 240 V y salida de 120/240 V, y generador que ilustra la utilización del bus principal de puesta tierra de c.a. y el disyuntor de desconexión de alimentación del RCD/tierra firme – Se muestra con la entrada de conexión a tierra conectada a la masa del barco a través de un aislador galvánico.



j) Sistema de 120/240 V monofásico con conductor neutro puesto a tierra (azul o blanco) de tierra firme y conductor de puesta a tierra (verde) y disyuntor de desconexión de alimentación del RCD/tierra firme – Sistema típico norte americano que se muestra con la entrada a tierra conectada a las embarcaciones a través de un aislador galvánico.



k) Sistema de transformador de aislamiento con entrada monofásica de 240 V, salida de 120/240 V con el secundario a la masa de la embarcación – Carcasa del transformador a tierra firme.



l) Sistema de transformador de aislamiento con entrada monofásica de 230 V, salida de 230 V con el secundario a la masa de la embarcación – Carcasa del transformador a tierra firme con inversor/cargador.



Leyenda:

1	Puesta a tierra firme/varilla de puesta a tierra	17	Conexión de masa/tierra del transformador.
2	Conductor no puesto a tierra (marrón)	18	Carcasa del transformador (evitar contacto entre los conductores primario y secundario)
3	Conductor no puesto a tierra (negro)	19	Luz de aviso de la inversión de polaridad.
4	Conductor puesto a tierra (azul)	20	Hacia el terminal negativo o su bus o placa de puesta a tierra del circuito de c.a.
5	Conductor puesto a tierra (azul o blanco)	21	Generador a bordo con disyuntor de salida integrado o separado
6	Conductor de puesta a tierra (verde o verde/amarillo)	22	Interruptor del transformador/off/generador
7	Conductor con alimentación de tierra firme (lado del muelle)	23	Disyuntor principal de alimentación con RCD
8	Cable alimentación de tierra firme	24	Disyuntor principal de alimentación
9	IEC 30309-2 Cable de alimentación de tierra firme con macho de entrada correspondiente	25	Disyuntor de circuitos de derivación (típico)
10	Clavija y salida de 3 polos y tierra (1 polo sin usar) o 2 polos y clavija y salida.	26	RCD del circuito de derivación (típico)
11	2 polos y clavija y salida.	27	Dispositivo 110/120 V o panel de distribución
12	Disyuntor principal de alimentación a tierra firme con RCD (HS tipo 30mA)	28	Dispositivo 220/240 V o panel de distribución
13	Tierra de la línea del muelle conectada a la carcasa del transformador y a la masa/tierra de la embarcación.	29	220/240 V
14	Aislador galvánico opcional	30	Salida 220/240 V puesto a tierra
15	Transformador de polarización 1:1 con carcasa metálica y disyuntor sobre la salida integrada o separada.	31	Cargador inversor con interruptor de transformador (cableado en c.c. simplificado por claridad)
16	Transformador de polarización 1:1 con carcasa metálica y disyuntor sobre la salida integrada o separada.		

Figura 8.19 Diagramas de sistemas de corriente alterna típicos. Fuente ISO 13297:2014

1.8.6 BUDDHA'S BOAT: Sistema eléctrico

En el momento de cerrar este trabajo el Buddha's Boat disponía de las mismas fuentes de energía, no se modificaron respecto las que ya había instaladas anteriormente al refit.

Estas consisten en:

Baterías servicio - 12 V / 720 A. Formado por 6 baterías de 2 V /720 A conectadas en serie.

- 12V /428 A. Formado por 2 baterías AMG Vetus de características:

12 V

214 Ah (20 h)

CCA: 1168 A

RC: 480 min

Batería de arranque - VESMF60 Vetus de características:

12 V

CCA: 540 A

Motor principal - Volvo Penta TAMD41H

- Sistema de 12 V

- Alternador 12V / 60 A

- Motor arranque 12 V / 3.0 kW

Generador - Lombardini LMG 4000

- 4 kVA – 3.2 kW



Figura 8.20 Generador a bordo del Buddha's boat. Fuente: Propia

Entorno a las baterías, el barco anteriormente funcionaba correctamente, y el armador renovará todas las luces por luces de led, y otros equipos como la nevera se compran nuevos para tener un equipo moderno y con un consumo más reducido.

Finalmente, deberá instalarse un molinete de ancla nuevo y según el modelo que se compre se valorará si se puede alimentar también con la batería de arranque del motor, o si aprovechar uno de los dos grupos de baterías de servicios, donde uno de ellos presenta un CCA de 1168 A, y podría ser suficiente para el molinete, el cual tendrá un uso reducido.

En esta embarcación el eje viene con una polea a la que se le puede acoplar mediante correa des de una bomba hasta otro alternador para alimentar al sistema eléctrico. Hasta el momento se cree que un alternador no es necesario.

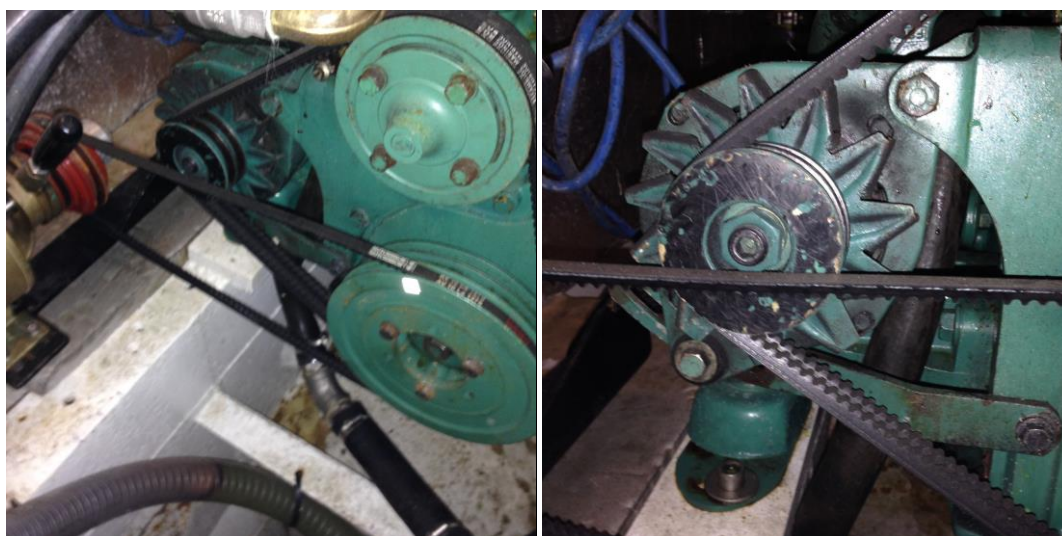


Figura 8.21 Alternador acoplado al motor. Fuente: Propia



Figura 8.22 Polea para acoplar alternador al eje. Fuente: Propia

Este sistema no dispone de plano de distribución general.

Conclusiones

En este documento se obtiene una visión muy amplia de los sistemas a bordo de las embarcaciones de recreo. La organización de cada sistema en apartado teórico, normativo y caso práctico permite cubrir gran parte de los conocimientos, consideraciones y valoraciones necesarias para poder reconocer en cualquier embarcación componentes e incluso posibles anomalías o mejoras.

Analizando la parte teórica de cada sistema, se puede comprobar que el concepto *embarcaciones de recreo* cubre un amplio abanico de embarcaciones tanto en tipología como en complejidad de los sistemas. Por un lado nos encontramos con una embarcación de 24 metros, que puede incluir compuertas o pescantes hidráulicos para una pequeña embarcación auxiliar, complejo sistema de agua donde habrán potabilizadoras pasando por una instalación centralizada de calefacción y aire acondicionado o teniendo instalado un sistema de contraincendios de sprinklers y rociadores de CO₂. Por otro lado, una RIB de 10 metros donde incluso no habrá presentes todos los sistemas contenidos en este trabajo. Aún así, se puede concluir que conociendo las características básicas de los sistemas, que un sistema sea más o menos complicado no debería implicar nada más que unos minutos más de atención.

Por lo que afecta la normativa, con este trabajo el autor concluye dos ideas: la primera de ellas es que aplicando sentido común y asegurando la mejor protección de los sistemas, muchos de los requisitos que exigen algunas normativas se pueden cumplir incluso sin conocer su contenido. La segunda idea, es que comprando los equipos y material a distribuidores especializados o marcas certificadas los sistemas de la embarcación cumplirán con la mayoría de los requisitos exigidos.

La normativa que afecta a los sistemas es una normativa de ideas muy claras y difícilmente malinterpretables. El objeto es siempre garantizar que los sistemas funcionen correctamente, y por ello, por un lado hacen referencia a conceptos básicos que aplican a la protección del sistema mediante el aislamiento o distanciado de las instalaciones de fuentes o elementos que puedan dañarlos. Así mismo, con la normativa también se puede ver que muchos requisitos van dirigidos a las características de los equipos, componentes y accesorios. En otras palabras, están enfocados para dar permiso a que un fabricante pueda certificar sus productos como aptos para su uso en un sistema.

Por lo que afecta al contenido del caso práctico, la teoría está enfocada a los sistemas más comunes que hay actualmente en el mercado, y el caso práctico del Buddha's boat nos ayuda a ver que por mucho que se pueda saber de sistemas y componentes, siempre hay barcos que por procedencia o antigüedad presentaran disposiciones o componentes que resultaran desconocidos para nosotros, pero solo en funcionamiento interno, y no en función dentro del sistema. En otras palabras, se puede concluir que un buen conocimiento del sistema y sus componentes siempre nos permitirá reconocer la función dentro del sistema de cada elemento, aunque no se tenga mucha información del componente en cuestión. Es un ejemplo, el bloque de distribución del sistema hidráulico. A pesar de que en el trabajo se han conocido que las válvulas de dirección son pilotadas, el caso práctico nos permite conocer una nueva posibilidad de válvula fija no pilotada. Así mismo, observando todo el contenido de imágenes y vídeos de internet, en la mayoría de ejemplos los pistones actúan directamente a la mecha o al eje del timón, y en este caso la embarcación presenta una disposición no introducida en la parte teórica, y esta es la presencia de un yugo.

Dentro del caso práctico y por lo que afecta a los trabajos de refit en embarcaciones, estudiando en una universidad se concibe la idea de que a bordo de los barcos debe trabajar siempre gente profesional o empleada del varadero o astillero en cuestión. El poder trabajar en el Buddha's boat y en el Varadero de Badalona, te hace conocer que con el tiempo mucha más gente y de diferentes niveles adquisitivos ha podido acceder al mundo de la náutica y adquirir una embarcación. Este hecho sumado a la crisis de los recientes años, ha hecho que los varadores se tengan que adaptar a estas condiciones hasta el punto de encontrar varadores donde la mayoría de gente que se ve corriendo por el muelle son propietarios y no profesionales del sector.

Referente a los sistemas y después de conocer los componentes, quedaría remarcar la importancia que tiene el sistema eléctrico a bordo ya que se podría decir que todos los equipos y sistemas dependen de él. Así pues, es muy importante que entre todos los sistemas se ponga máxima atención en conseguir una correcta instalación del sistema eléctrico: tanto en dimensionamiento, como en seguridad sistema-equipos, como en seguridad equipos-personas.

Bibliografía

- [1] **AENOR.** *UNE-EN ISO 7840. Pequeñas embarcaciones. Mangueras resistentes al fuego para carburantes.* (ISO 7840:1994). Madrid: AENOR, 2014.
- [2] **AENOR.** *UNE-EN ISO 8099. Embarcaciones de recreo. Sistemas de retención de desechos de instalaciones sanitarias (aseos).* (ISO 8099:2000). Madrid: AENOR, 2001.
- [3] **AENOR.** *UNE-EN ISO 8469. Pequeñas embarcaciones. Mangueras no resistentes al fuego para carburantes.* (ISO 8469:2013). Madrid: AENOR, 2014.
- [4] **AENOR.** *UNE-EN ISO 8849. Pequeñas embarcaciones. Bombas de sentinas eléctricas de corriente continua.* (ISO 8849:2003). Madrid: AENOR, 2004.
- [5] **AENOR.** *UNE-EN ISO 9093-1. Embarcaciones de recreo. Grifos de fondo y pasacascos. Parte 1: Metálicos.* (ISO 9093-1:1994). Madrid: AENOR, 1998.
- [6] **AENOR.** *UNE-EN ISO 9093-2. Embarcaciones de recreo. Grifos de fondo y pasacascos. Parte 2: No metálicos.* (ISO 9093-2:2002). Madrid: AENOR, 2003.
- [7] **AENOR.** *UNE-EN ISO 9094-1. Pequeñas embarcaciones. Protección contra incendios. Parte 1: Embarcaciones de eslora inferior o igual a 15 m.* (ISO 9094-1:2003). Madrid: AENOR, 2003.
- [8] **AENOR.** *UNE-EN ISO 9094-2. Pequeñas embarcaciones. Protección contra incendios. Parte 1: Embarcaciones de eslora superior a 15 m.* (ISO 9094-2:2002). Madrid: AENOR, 2003.
- [9] **AENOR.** *UNE-EN ISO 10088. Embarcaciones de recreo. Sistemas de combustible instalados de forma permanente.* (ISO 10088:2013). Madrid: AENOR, 2014.
- [10] **AENOR.** *UNE-EN ISO 10133. Embarcaciones de recreo. Sistemas eléctricos. Instalaciones de corriente continua a muy baja tensión.* (ISO 10133:2012). Madrid: AENOR, 2013.
- [11] **AENOR.** *UNE-EN ISO 10239. Pequeñas embarcaciones. Sistemas de gas licuado de petróleo (GLP).* (ISO 10239:2014). Madrid: AENOR, 2015.
- [12] **AENOR.** *UNE-EN ISO 10592. Embarcaciones de recreo. Sistemas hidráulicos de gobierno.* (ISO 10592:1994). Madrid: AENOR, 1996.
- [13] **AENOR.** *UNE-EN ISO 13297. Embarcaciones de recreo. Sistemas eléctricos. Instalaciones de corriente alterna.* (ISO 13297:2014). Madrid: AENOR, 2015.
- [14] **AENOR.** *UNE-EN ISO 15083. Pequeñas embarcaciones. Sistemas de bombeo de sentinas.* (ISO 15083:2003). Madrid: AENOR, 2003).
- [15] **AENOR.** *UNE-EN ISO 21487. Pequeñas embarcaciones. Depósitos de gasolina y diésel instalados de forma permanente.* (ISO 21487:2012). Madrid: AENOR, 2013.

-
- [16] **AENOR.** *UNE-EN ISO 21487:2013/A1. Pequeñas embarcaciones. Depósitos de gasolina y diésel instalados de forma permanente.* (ISO 21487:2012/Amd 1:2014). Madrid: AENOR, 2014.
- [17] **AENOR.** *UNE-EN 28846. Embarcaciones de recreo. Equipos eléctricos. Protección contra la inflamación de los ambientes gaseosos inflamables.* (ISO 8846:1990). Madrid: AENOR, 1994.
- [18] **AENOR.** *UNE-EN 28846:1993/A1. Embarcaciones de recreo. Equipos eléctricos. Protección contra la inflamación de los ambientes gaseosos inflamables.* (ISO 8846:1990/Amd 1:2000). Madrid: AENOR, 2001.
- [19] **Parlamento Europeo y consejo de la Unión Europea.** *Directiva 2013/53/UE.* Bruselas: Parlamento Europeo y consejo de la Unión Europea, 2013.
- [20] **José Manuel Robledano Esteban.** *Proyecto de sistemas navales: Sistema de achique y contra incendios.* Apuntes. Barcelona: Facultad de Náutica de Barcelona, 2014.
- [21] **José Manuel Robledano Esteban.** *Proyecto de sistemas navales: Sistema de agua sanitaria y aguas sucias.* Apuntes. Barcelona: Facultad de Náutica de Barcelona, 2014.
- [22] **Julio García Espinosa.** *Proyecto de sistemas navales: Sistema eléctrico del buque.* Apuntes. Barcelona: Facultad de Náutica de Barcelona, 2014.
- [23] **Javier Orbatí.** *Las baterías del barco y su recarga.* En: *Oceánica Náutica* [en línea]. Valencia: Javier Orbatí, febrero 2017 [Consulta: Noviembre 2017]. Disponible en: <<http://oceanicanautica.es/category/embarcaciones-de-recreo/>>
- [24] **Javier Orbatí.** *Partes del motor y posibles problemas durante la navegación.* En: *Oceánica Náutica* [en línea]. Valencia: Javier Orbatí, febrero 2017 [Consulta: Octubre 2017]. Disponible en: <<http://oceanicanautica.es/category/embarcaciones-de-recreo/>>
- [25] **Solé Diesel.** *Cómo instalar la entrada de agua salada de un barco.* En: *Solé Diesel* [en línea]. [Consulta: Febrero 2017]. Disponible en: <<http://blog.solediesel.com/como-instalar-la-entrada-de-agua-salada-en-un-barco/>>
- [26] **Navegar.com** *Escapes Húmedos. Precauciones de instalación.* En: *Navegar.com* [en línea]. [Consulta: Noviembre 2016] Disponible en: <<http://www.navegar.com/escapes-humedos-precauciones-instalacion/>>
- [27] **IMO.** *Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL).* En: *Organización marítima internacional* [en línea]. [Consulta: Diciembre 2017]. Disponible en: <[http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)>

-
- [28] **Rosa Dahlberg.** *Guia de utilización y mantenimiento del tanque de almacenamiento de aguas negras.* En: SlideShare [en línea]. Palma de Mallorca: Rosa Dahlberg, septiembre 2013 [Consulta: Septiembre 2017]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/ROSADAHLEBERG/guia-utilizacion-mantenimientoaguasnegrasgmht02>
- [29] **DH Náutica.** *Interruptor automático tipo flotador, DC 12V/24V, 15A max.* En: **DH Náutica** [en línea]. [Consulta: Noviembre 2017]. Disponible en: <https://www.depositohidrografico.com/b2c/producto/L91549/1/interruptor-automatico-tipo-flotador-dc-12v-24v-15-913-max>
- [30] **Jon.** *Baterías en los barcos.* En: Electrobarco [en línea]. Jon, Agosto 2013 [Consulta en: Noviembre 2017]. Disponible en: <http://electrobarco.com/baterias-en-los-barcos/>
- [31] **Fondear.org.** *Paneles solares; la prueba de fuego.* En: fondear.org [en línea]. [Consulta: Noviembre 2017]. Disponible en: http://www.fondear.org/infonautic/Equipo_y_Usos/Equipamiento/Paneles-Solares/Paneles-Solares-Instalacion.asp
- [32] **J. Fernando Moraleda León.** *Hidráulica en la náutica. La transmisión hidráulica.* En: Scribd [en línea]. [Consulta: enero 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/16715081/Hidraulica-en-La-Nautica>
- [33] **VETUS.** *Catalogo 2017/2018.* En: VETUS [en línea]. [Consulta: Febrero 2017]. Disponible en: <http://viewer.zmags.com/publication/8131946b#/8131946b/1>

Anexo A BUDDHA'S BOAT: Planos de los sistemas

A.1 Planos: Sistema de escape

A

B

C

D

E

F

A

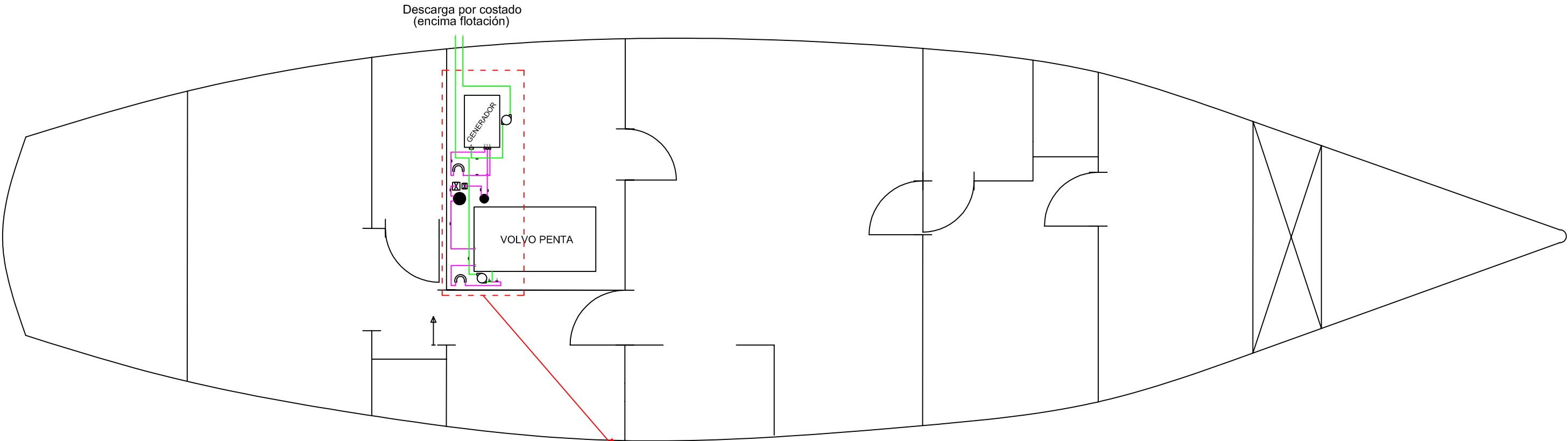
B

C

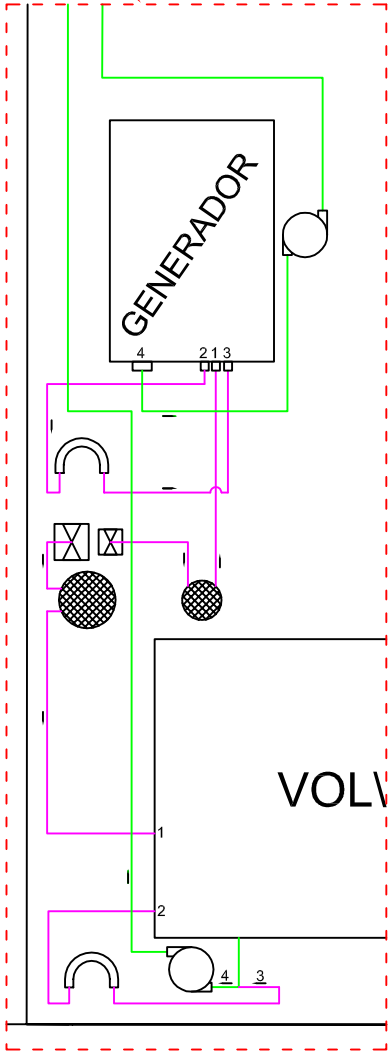
D

E

F

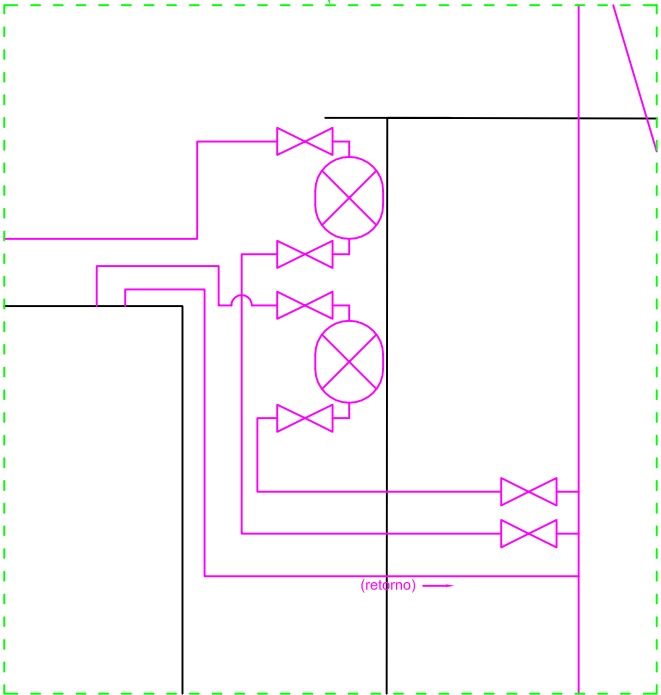
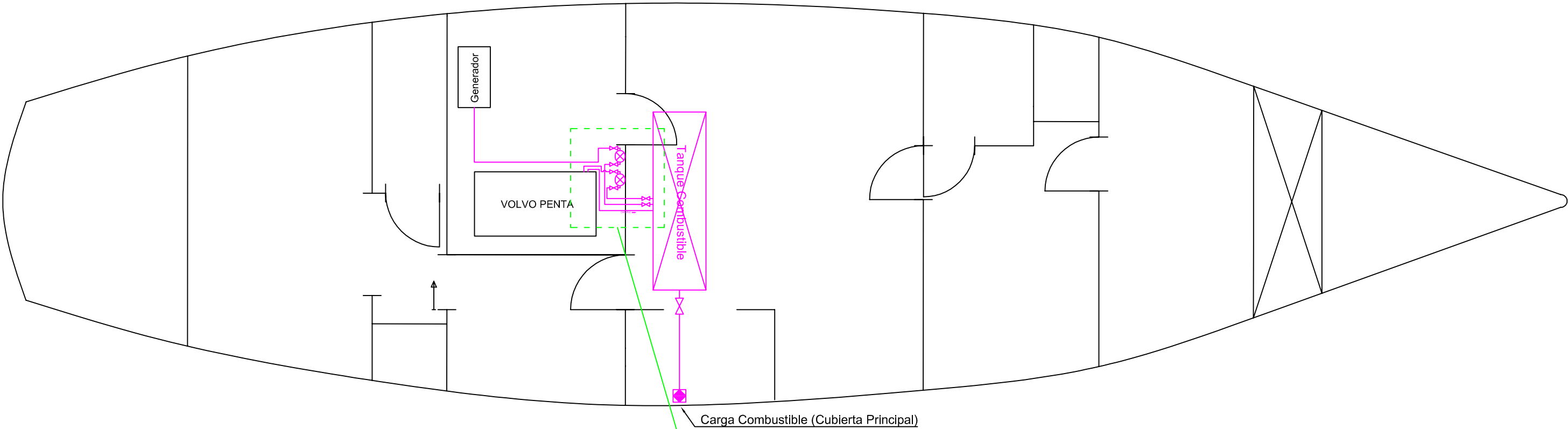



Elemento	Descripción	Und.
	Toma de Mar	02
	Filtro de Agua Salada	02
	Sifón	02
	Silenciador	02
1	Entrada Agua Refrigeración	
2	Salida Refrigeración a Sifón	
3	Mezcla en Escape Seco	
4	Escape Húmedo	




Rev.	Modificaciones	Fecha	Autor
 		Título: Disposición General	
		Plano nº: BB ES11	
		Sistema: Escape y Refrigeración	
		NOMBRE	FECHA
DIBUJADO		GCM	01/11/17
REVISADO			
Embarcación: Buddha's Boat		Escala: 1/45	Hoja: A3 Unidades: mm
		Queda prohibida la reproducción, distribución o uso de este documento sin la autorización escrita del Autor.	

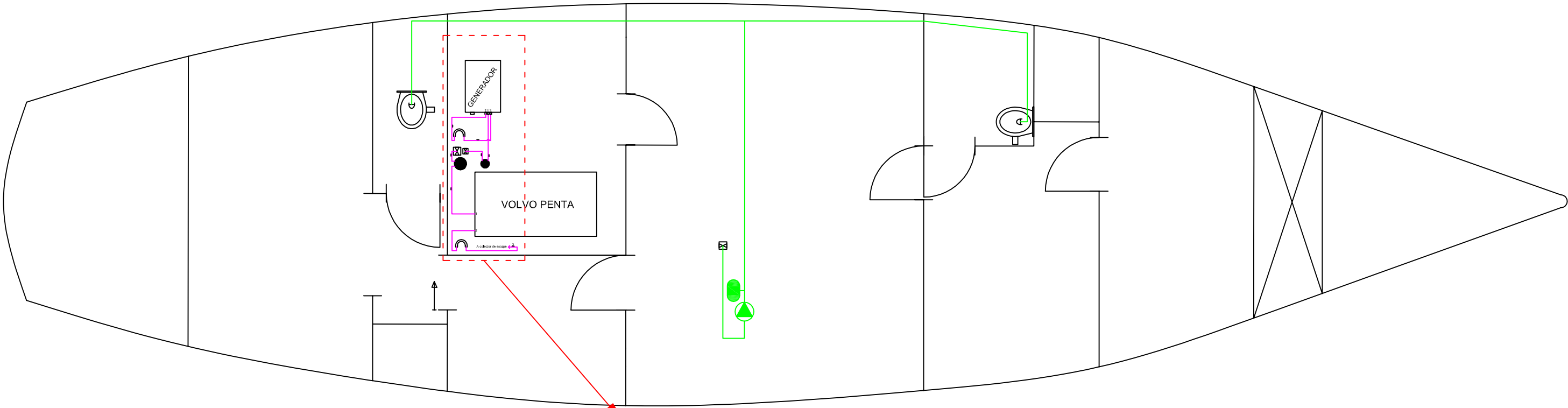
A.2 Planos: Sistema de combustible



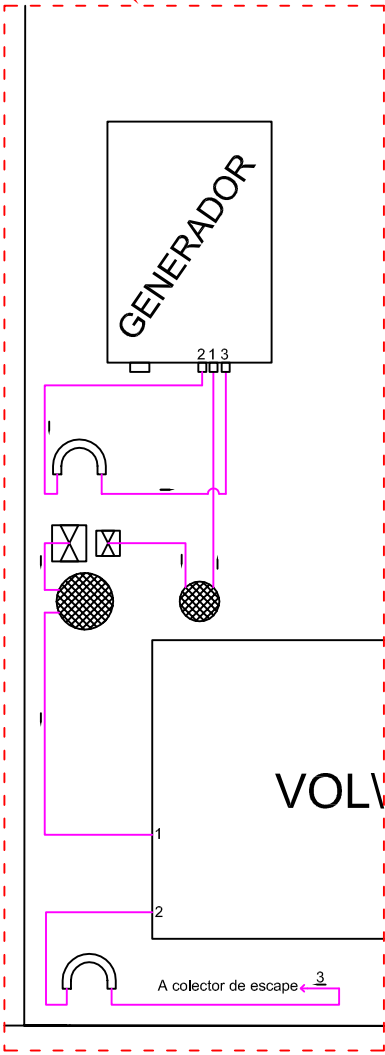
Elemento	Descripción	Und.
	Válvula	06
	Filtro Separador	02
	Carga combustible	01



Rev.	Modificaciones		Fecha	Autor
  <small>Análisis y estudio de los sistemas a bordo de un velero con aparejo queche de 18m de eslora Guillem Cusplera Matabosch Ingeniería en Sistemas y Tecnologías Navales</small>		Título: Disposición General		
		Plano nº: BB FL11		
		Sistema: Combustible		
			NOMBRE	FECHA
DIBUJADO		GCM	18/12/17	
REVISADO				
Embarcación: Buddha's Boat		Escala: 1/45	Hoja: A3	Unidades: mm
		<small>Queda prohibida la reproducción, distribución o uso de este documento sin la autorización escrita del Autor.</small>		

A.3 Planos: Sistema de agua salada



Elemento	Descripción	Und.
	Bomba de Agua Salada 12V Marca: FLOJET Modelo: R4325-143 Presión: 40 PSI (2.8 Bar) Caudal: 4.5 GPM (17 LPM)	01
	Tanque Hidroforo Marca: GIANNESCHI Modelo: IDRO JET 4 Be Capacidad: 20 L	01
	Toma de Mar	03
	Filtro de Agua Salada	02
	Sifón	02
	Silenciador	02
1	Entrada Agua Refrigeración	
2	Salida Refrigeración a Sifón	
3	Mezcla en Escape Seco	
	Sistema de Refrigeración	
	Sistema Sanitario	



Rev.	Modificaciones	Fecha	Autor	
<div></div> <p>Análisis y estudio de los sistemas a bordo de un velero con aparejo queche de 18m de eslora</p> <p>Güllem Cusplnera Matabosch Ingeniería en Sistemas y Tecnologías Navales</p>		Título: Disposición General		
		Plano n°: BB SAS11		
		Sistema: Agua Salada		
			NOMBRE	FECHA
		DIBUJADO	GCM	09/12/17
		REVISADO		
		Escala: 1/45	Hoja: A3	Unidades: mm
Embarcación:		Queda prohibida la reproducción, distribución o uso de este documento sin la autorización escrita del Autor.		
Buddha's Boat				

A.4 Planos: Sistema de agua potable

A

B

C

D

E

F

A

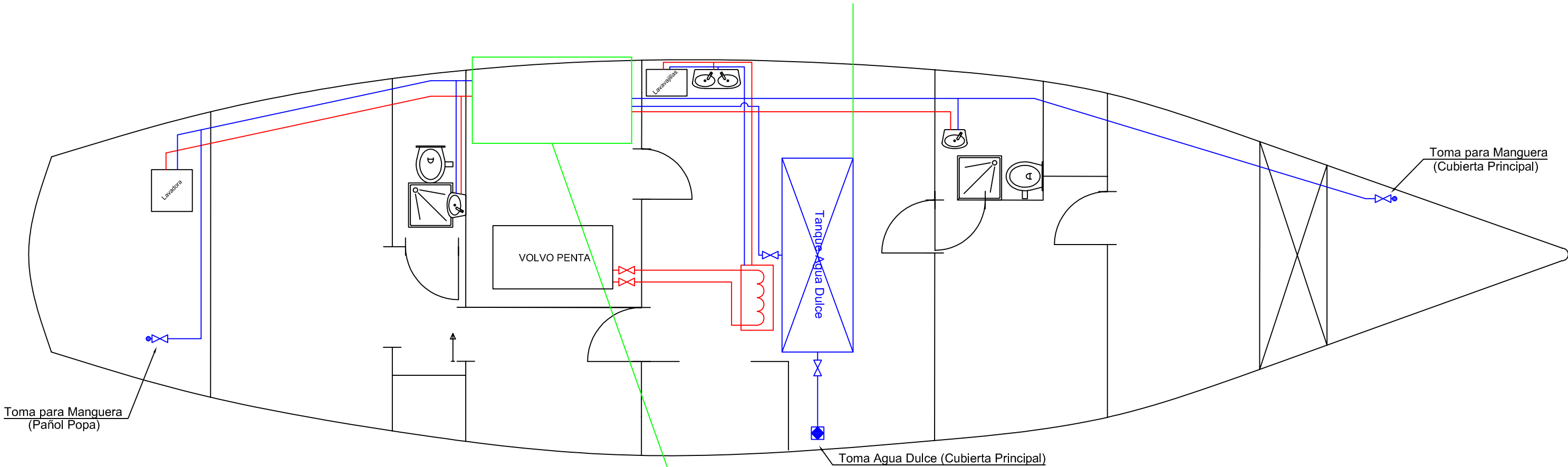
B

C

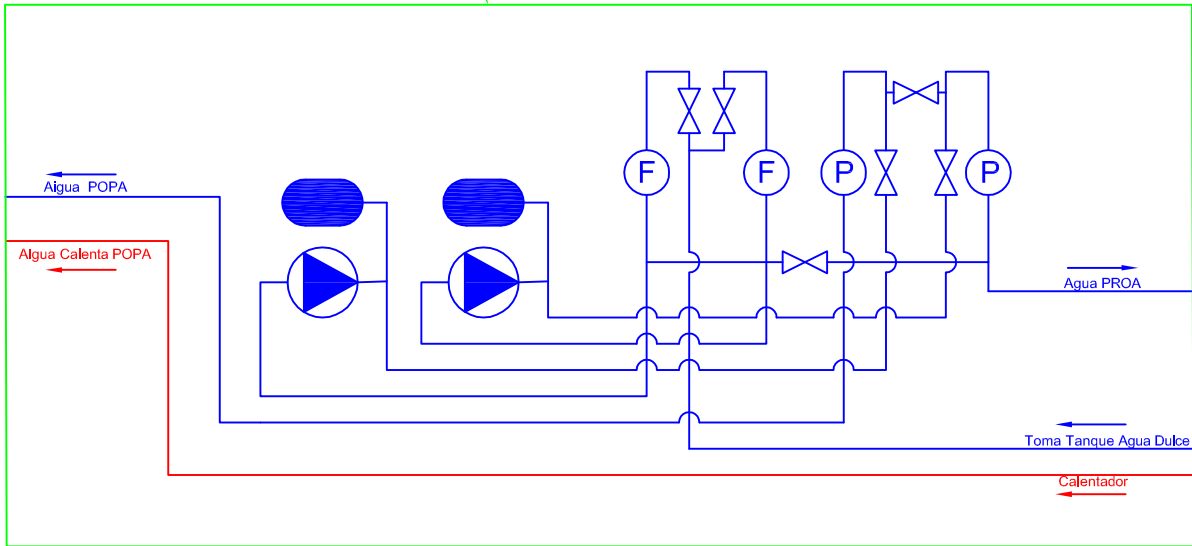
D

E



F



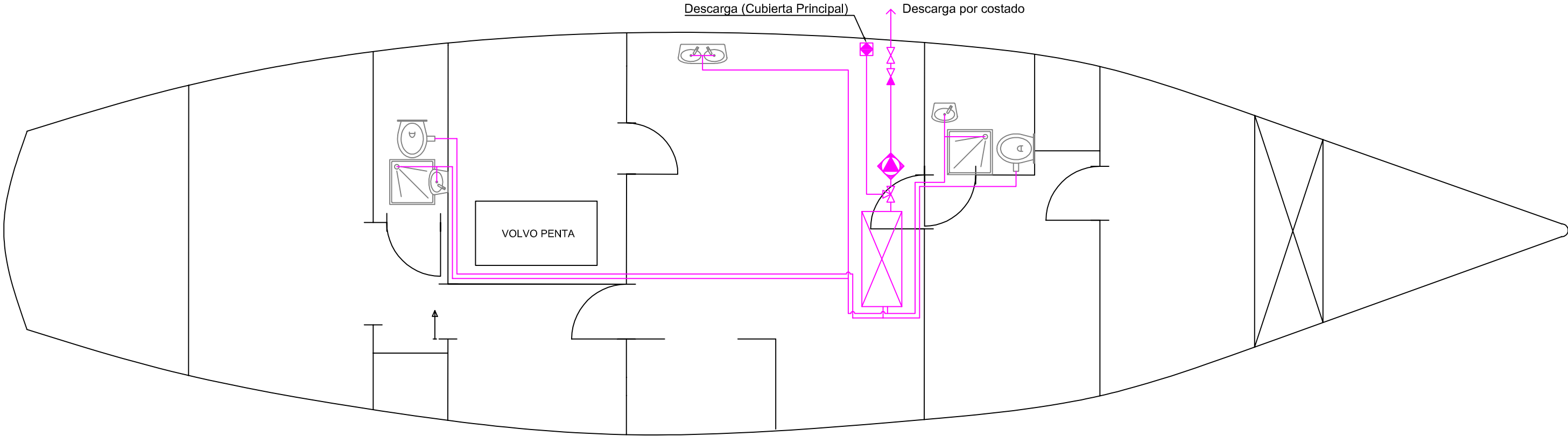
Elemento	Descripción
	Calentador de Agua (230V)
 2 unidades	Bomba de Agua Dulce 12V Marca: FLOJET Modelo: R4325-143 Presión: 40 PSI (2.8 Bar) Caudal: 4.5 GPM (17 LPM)
 2 unidades	Tanque Hidroforo Marca: GIANNESCHI Modelo: IDRO JET 4 Be Capacidad: 20 L
	Válvula (ON/OFF)
	Toma de Manguera
	Filtro de Agua Dulce
	Manómetro
	Toma agua dulce (cubierta)



Detalle Sala de Máquinas

Rev.	Modificaciones	Fecha	Autor
 		Título: Disposición General	
		Plano n°: BB SS11	
		Sistema: Sanitario	
		NOMBRE	FECHA
DIBUJADO		GCM	20/09/17
REVISADO			
Embarcación: Buddha's Boat		Escala: 1/45	Hoja: A3 Unidades: mm
		Queda prohibida la reproducción, distribución o uso de este documento sin la autorización escrita del Autor.	

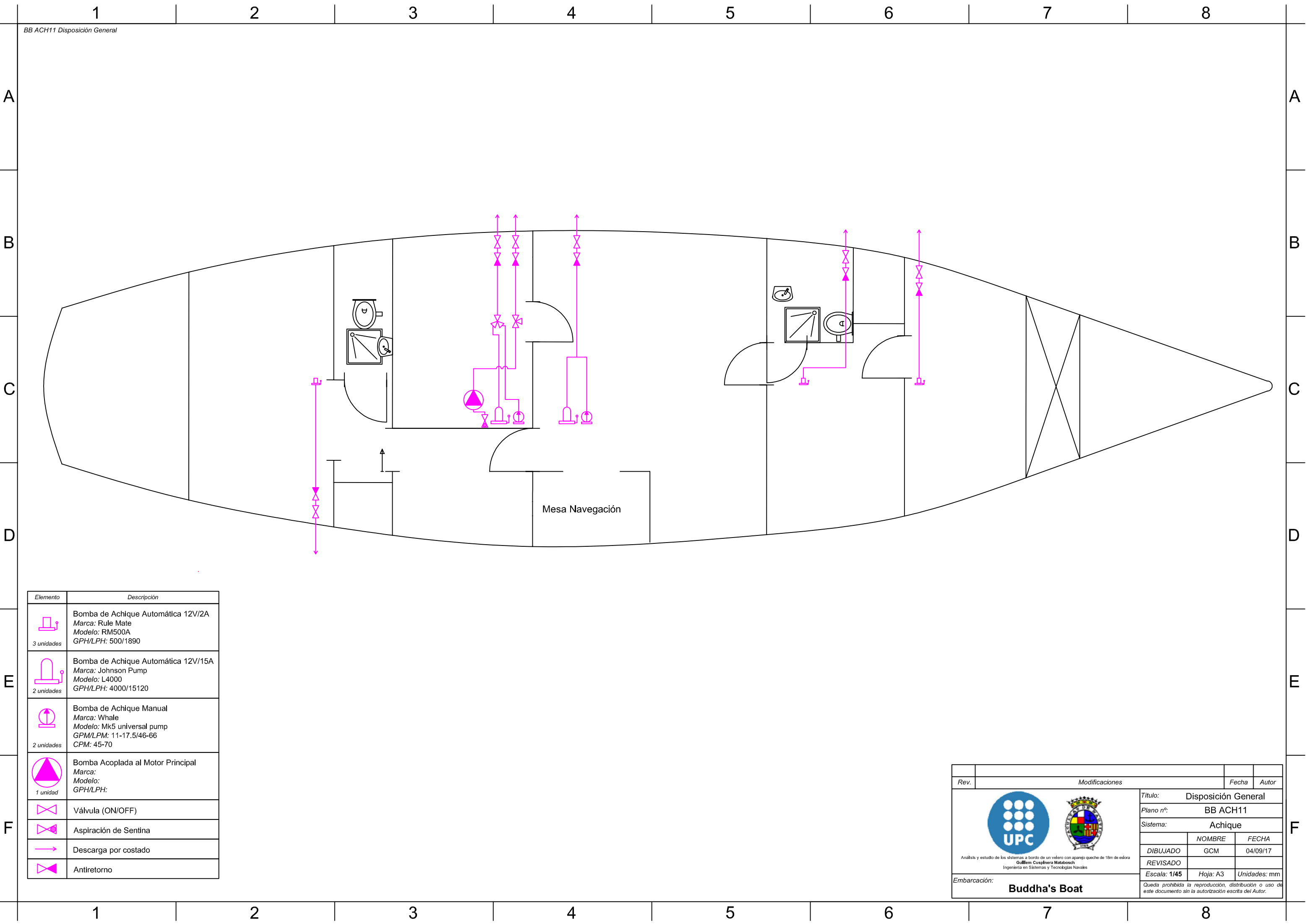
A.5 Planos: Sistema de aguas negras y grises












Elemento	Descripción	Und.
	Bomba Maceradora	01
	Descarga (Cubierta)	01
	Válvula 3 vías	01
	Válvula	01
	Antiretorno	01

Rev.	Modificaciones	Fecha	Autor
 		Título: Disposición General	
		Plano nº: BB ANG11	
		Sistema: Aguas Negras y Grises	
		NOMBRE	FECHA
DIBUJADO		GCM	09/12/17
REVISADO			
Embarcación: Buddha's Boat		Escala: 1/45	Hoja: A3 Unidades: mm
		Queda prohibida la reproducción, distribución o uso de este documento sin la autorización escrita del Autor.	

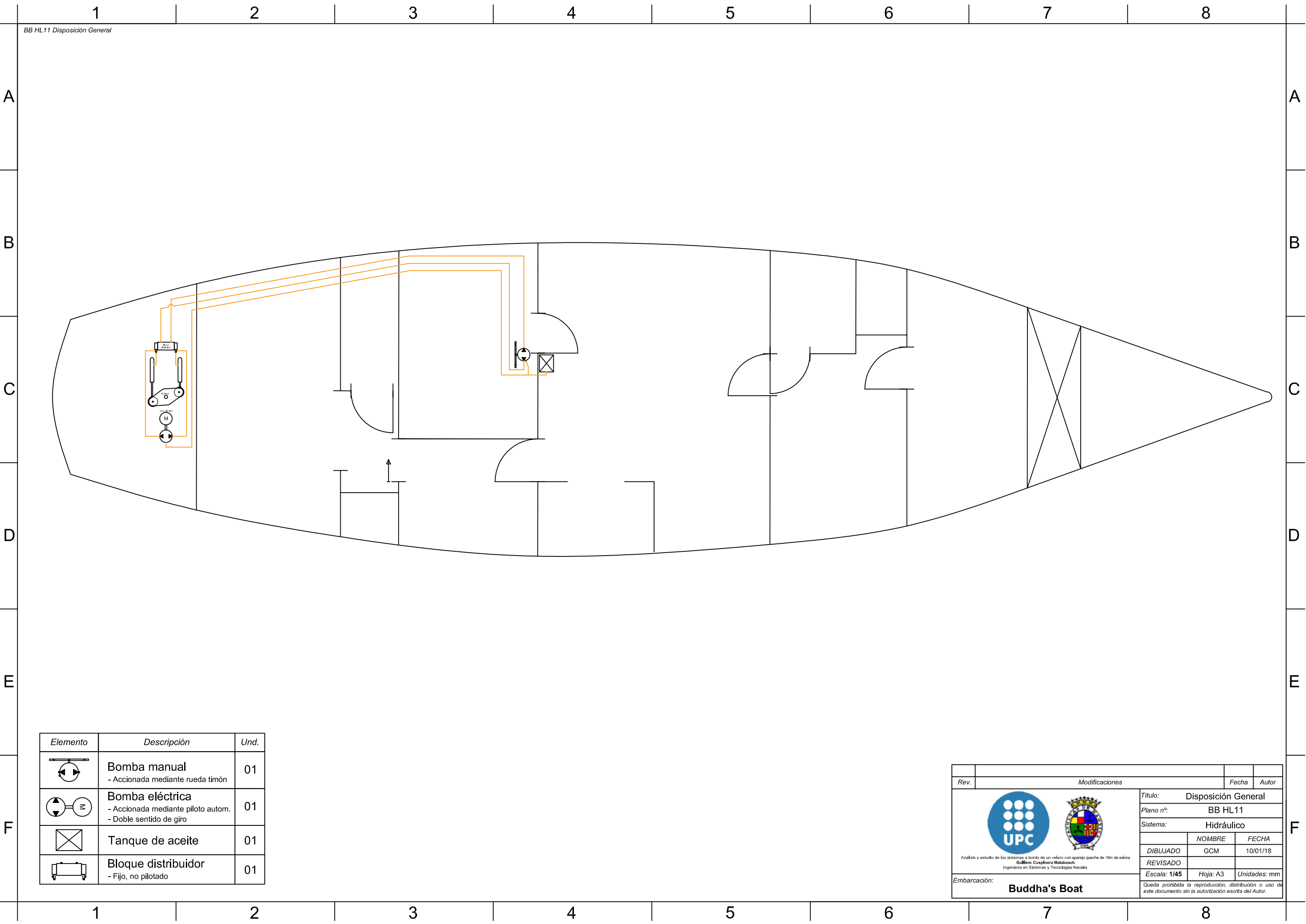
A.6 Planos: Sistema de achique y contraindencios




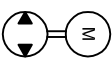


Elemento	Descripción
 3 unidades	Bomba de Achique Automática 12V/2A Marca: Rule Mate Modelo: RM500A GPH/LPH: 500/1890
 2 unidades	Bomba de Achique Automática 12V/15A Marca: Johnson Pump Modelo: L4000 GPH/LPH: 4000/15120
 2 unidades	Bomba de Achique Manual Marca: Whale Modelo: Mk5 universal pump GPM/LPM: 11-17.5/46-66 CPM: 45-70
 1 unidad	Bomba Acoplada al Motor Principal Marca: Modelo: GPH/LPH:
	Válvula (ON/OFF)
	Aspiración de Sentina
	Descarga por costado
	Antirretorno

Rev.	Modificaciones	Fecha	Autor
  <div>Analista y estudio de los sistemas a bordo de un velero con aparejo queche de 18m de eslora Guillem Cusplera Matabosch Ingeniería en Sistemas y Tecnologías Navales</div>			
Título: Disposición General			
Plano nº: BB ACH11			
Sistema: Achique			
	NOMBRE	FECHA	
DIBUJADO	GCM	04/09/17	
REVISADO			
Embarcación:	Buddha's Boat	Escala: 1/45	Hoja: A3 Unidades: mm
Queda prohibida la reproducción, distribución o uso de este documento sin la autorización escrita del Autor.			

A.7 Planos: Sistema hidráulico



BB HL11 Disposición General

Elemento	Descripción	Und.
	Bomba manual - Accionada mediante rueda timón	01
	Bomba eléctrica - Accionada mediante piloto autom. - Doble sentido de giro	01
	Tanque de aceite	01
	Bloque distribuidor - Fijo, no pilotado	01

Rev.	Modificaciones		Fecha	Autor
<div></div> <p>Análisis y estudio de los sistemas a bordo de un velero con aparejo queche de 18m de eslora</p> <p>Guillem Cusplera Matasosch Ingeniería en Sistemas y Tecnologías Navales</p>			Título: Disposición General	
			Plano nº: BB HL11	
			Sistema: Hidráulico	
			NOMBRE	FECHA
			DIBUJADO	GCM 10/01/18
			REVISADO	
			Escala: 1/45	Hoja: A3 Unidades: mm
Embarcación:			Queda prohibida la reproducción, distribución o uso de este documento sin la autorización escrita del Autor.	
Buddha's Boat				

Anexo B BUDDHA'S BOAT: Características

B.1 Datos y características



Embarcación:	Buddha's Boat	Eslora total (LOA):	17.250 metros
Servicio:	Recreo a vela	Eslora entre perp. (Lpp):	13.100 metros
Material casco:	Acero	Manga:	4.850 metros
Astillero:	Michot Brothers (UK)	Puntal:	2.260 metros
Año construcción:	1973	Motorización:	Volvo Penta TAMD41H - 107 kW – 2600 rpm